

坡耕地玉米苜蓿间作水分分布与运移

云峰¹, 王健¹, 吴发启¹, 尹武君¹, 高 僖², 曹伟鹏¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 攀枝花市水土保持生态环境监测分站, 四川 攀枝花 617000)

摘 要: 采用探头式中子水分测定仪与时域反射仪法相结合, 对不同坡度坡耕地苜蓿玉米间作下土壤水分进行监测, 结果表明: 在 5°、10° 和 15° 三个坡度下, 表现出随着坡度的增大, 产流量也随之增大, 且同一坡度间相比较, 表现出坡面产流量顺序为单作苜蓿 < 玉米苜蓿间作 < 玉米 < 裸地, 较单作和裸地而言, 间作可有效减少坡面径流; 苜蓿耗水量大于玉米耗水量, 苜蓿条带土壤含水量明显低于玉米条带土壤含水量; 在间作种植界面, 随着距离界面越远, 苜蓿地的水分含量降低, 而玉米地的土壤含水量增大; 生长表现为从边界向两侧, 玉米株高增大, 而苜蓿株高降低。

关键词: 坡耕地; 玉米苜蓿间作; 水分分布; 水分运移; 体积含水量

中图分类号: S152.7⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)01-0053-05

水分是制约干旱区作物生长的主要因素, 直接影响着旱作农业区作物的产量^[1,2]。玉米与草带间作发挥了玉米在雨季、苜蓿全年的地面覆盖度较高的特点, 能够较好地减少水土流失, 且有较好的经济效益^[3-5]。在坡耕地粮草间作条件下, 由于苜蓿和玉米的耗水量存在差异^[6-9], 所以水分在坡面上的玉米和苜蓿间必然会产生运移, 许多学者研究了粮草间作对坡面径流的影响^[10], 以及粮草间作的防风保土效应^[11], 分析间作条件下水分利用效率, 但目前对于玉米苜蓿间作下水分的运移情况的研究比较少。本试验主要就坡耕地玉米苜蓿间作条件下, 界面水分利用和运移特点, 探索坡面降水高效利用方式。

1 试验方法

1.1 坡面间作产流效应

试验设计采用径流小区法测定, 每次降雨产生径流后, 测量小区径流量。小区坡度分别为 5°, 10°, 15° 三个坡度, 小区采用 5 m × 20 m 的标准小区, 上部设边埂, 防止上方径流汇入, 各坡度设置间作、裸地、单作玉米和单作苜蓿 4 种处理, 重复 2 次。玉米苜蓿间作采用顺坡向下 5 m 带宽, 即 5 m 苜蓿带 + 5 m 玉米带的间作模式。试验玉米品种为沈单 16, 采用行距 60 cm, 株距 30 cm 播种, 667 m² 保苗 3 300 株, 播种时间 2009 年 4 月 18 日; 苜蓿为 3 a 生紫花苜蓿, 条播行距 30 cm, 播种量为 15 kg/hm²。

1.2 土壤水分测定方法与水分测定管的布设

分别针对间作、裸地、单作玉米和单作苜蓿 4 种处理, 布设土壤水分测定点, 测定各层土壤水分含量。试验采用探头式中子水分测定仪与时域反射仪法相结合测定土壤含水量, 测深 400 cm, 表层 0 ~ 20 cm 土壤含水量采用时域反射仪 (TDR, 探针长度为 12 cm) 测定, 下层测 20 ~ 200 cm 每 20 cm 为一层, 200 cm 以下每 50 cm 为一层。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, 每层重复 3 次。

为探求玉米苜蓿间作下界面水分运移, 在 10° 坡面玉米苜蓿间作处理中, 于交界处 1 m 内布设 11 根中子仪水分测定管, 管深 4 m, 管间距 20 cm。具体水分测定管分布见图 1。表层采用时域反射仪每隔 10 cm 测定土壤水分含量。

1.3 株高的测定

玉米株高测定, 在乳熟期每小区定点 10 株, 测量地面至雄穗顶端的高度, 求其平均数; 苜蓿株高为植株从根到茎顶端的拉直高度, 重复 10 次, 取平均值。

2 研究区概况

试验布设在陕西省合阳县甘井镇。试验地点海拔 910 m。位于北纬 35°17' ~ 35°22', 东经 110°03' ~ 110°08', 地势西北高东南低, 呈倾斜状。年降雨量 500 ~ 700 mm, 主要集中在 7、8、9 三个月, 降雨年际间分配不均, 变率为 0.779 ~ 1.464; 气候干旱, 年蒸

收稿日期: 2010-02-21

基金项目: “十一五”国家科技支撑课题 (2006BAD29B03); 中科院知识创新工程重大项目 (KSCX1-YW-09-07-02/4); 校博士科研启动项目

作者简介: 云峰 (1985—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 硕士研究生, 主要从事土壤侵蚀方面的研究。E-mail: fengyun624@yahoo.com.cn。

通讯作者: 王健 (1973—), 男, 陕西商州人, 硕士研究生导师, 主要从事土壤侵蚀与流域管理方面的研究。E-mail: wangjian@nwsuaf.edu.cn。

发量 1 832.8 mm;是一个半湿润易旱区的典型代表。土壤为红壤土,中性偏碱,pH 8.4。土壤侵蚀模数 800 ~ 1 000 t/(km²·a)。2009 年生长季降水 455 mm,低于多年平均值 582 mm,为一枯水年。

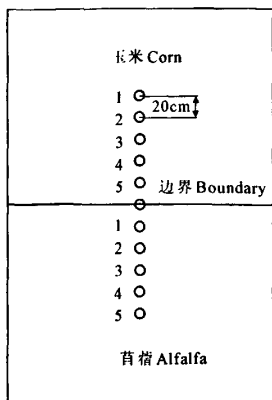


图 1 玉米苜蓿间作下的边界处水分测定试验布设

Fig.1 Experimental layout of boundary water content test in corn-alfalfa intercropping

3 结果与分析

3.1 不同坡度及间作下产流规律

同一坡度下比较发现,种植小区的径流量呈现出苜蓿 < 间作 < 玉米 < 裸地,且随着坡度的增大,产流量也随之增大。表明玉米的截流蓄水能力相对于苜蓿较差,玉米苜蓿间作能够在截流蓄水方面形成一定的互补,玉米苜蓿间作相对于玉米单作体现出了一定的优势。

随着坡度的增大,各个处理及对照的产流量均有所增大(图 2)。在每个坡度上都表现出间作下的

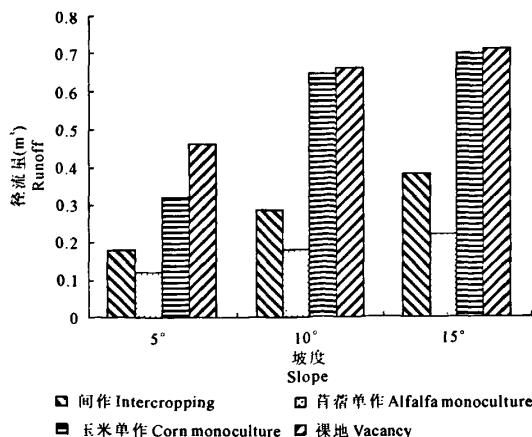


图 2 不同坡度下间作产流特点

Fig.2 Runoff features on different slopes

小区产流量高于苜蓿单作,而低于玉米单作和裸地。因而降雨后,玉米苜蓿间作下流失的水分要大于苜蓿单作,但小于玉米单作和裸地。

3.2 坡面间作不同条带土壤水分特点

由图 3 可以看出,不同坡度下玉米苜蓿间作时各个条带的土壤含水量,苜蓿土壤水分含量均低于种植玉米条带和裸地,无论是表层 0 ~ 100 cm,还是深层 100 ~ 350 cm,玉米条带土壤水分明显高于苜蓿条带。

种植玉米条带与裸地相比,表层土壤含水量略低于裸地,深层土壤水分含量与裸地较为接近。

苜蓿条带土壤含水量在 120 cm 附近含水量达到最低,苜蓿生长,使各层土壤水分储量降低,100 cm 以上土层,接受降水入渗补给,土壤含水量可得到一定恢复,降水入渗深度可达 100 cm,100 cm 以下土壤水分无法得到降水入渗补给,由此在 120 cm 附近开始,土壤水分形成低湿层。玉米条带未发现明显的低湿层,大量研究表明^[12,13],玉米根系较浅,主要消耗表层土壤水分,而表层土壤水分,在降雨后可达到及时补充,除地表外,土壤含水量相对较高。

3.3 间作界面水分分布规律

3.3.1 间作表层土壤水分分布特征 图 4 为 2009 年 6 月中下旬降雨后在苜蓿玉米种植界面处地表水分分布。图中 10 号测定点与 11 号测定点之间为苜蓿和玉米的种植交界线。从 10 到 1 测定点所代表的是从交界线附近靠近苜蓿地一侧向苜蓿地的延伸所测定的点;同理,从 11 到 20 测定点为从交界线附近靠近玉米地一侧向玉米地的延伸所测定的点。

从图 4 看出,从苜蓿条带向玉米条带过渡,地表水分含量有增大的趋势,这主要是由于苜蓿在生长过程中的耗水量要大于玉米,虽与玉米相比,苜蓿具有较强保水作用,但雨前土壤含水量较低,降水仅部分补充土壤水,越靠近苜蓿条带中部,含水量越低,玉米条带内土壤水分有向苜蓿条带运移的趋势;同时在一年的中,除了冬季温度比较低,苜蓿的生长较为缓慢,其他时间内,苜蓿基本都处于生长期,耗水量较大。而春玉米从播种到收获仅 6 个多月,对土壤中的水分消耗利用的时间相对较短,在相同的降水条件下,苜蓿的耗水时间较长,耗水量较大,导致水分在不同地块内的空间分布差异较大。

不同坡度进行比较,随着坡度的增大,苜蓿和玉米地块内的水分都随之降低。这主要是因为随着坡度的增大,降水形成的坡面径流较多,径流量越大,损失的水分也越多造成。

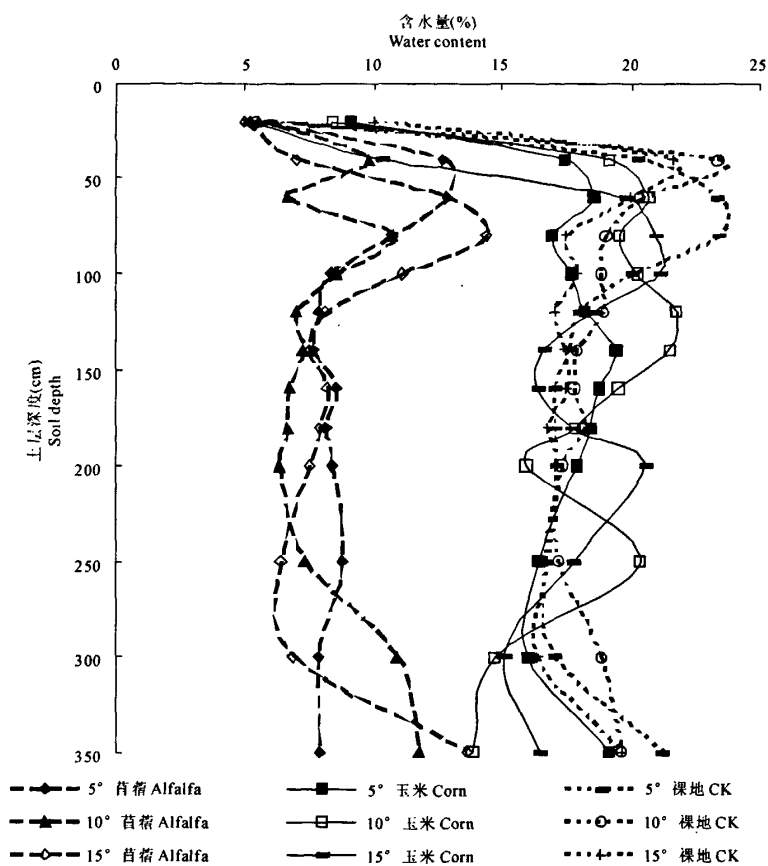


图 3 作物生长期不同条带平均土壤水分含量

Fig.3 Average soil water content in different treatments

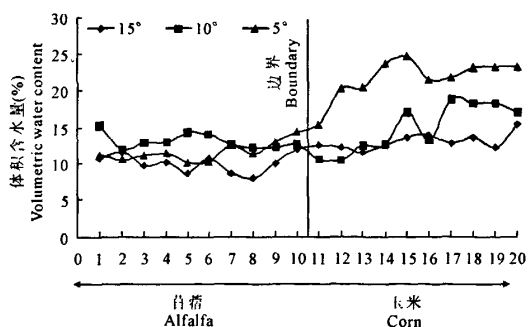


图 4 苜蓿到玉米交界处地表水分

Fig.4 Volumetric soil water content on surface from alfalfa to corn

3.3.2 间作界面下层土壤水分分布规律 以玉米苜蓿间作交界处为中线,分别向玉米及苜蓿两个方向延伸,每间隔 20 cm 布设一个中子仪水分测定管,在 2009 年 9 月中旬雨后 2 天测定交界处 1 m 范围内

0~350 cm 土壤的含水量(如图 5 所示)。

由图可知,整个玉米和苜蓿地块在 0~350 cm 土层上,都表现出在 0~40 cm 土层,土壤含水量相对较高;100 cm 土层上下,含水量降低至整个 0~350 cm 的最低点;100~350 cm 土层土壤含水量缓慢上升。由于该土壤含水量为降雨后所测定,雨水下渗尚浅,故 0~40 cm 土壤水分含量较高,由于 40~350 cm 土层水分也为作物的水分利用范围内,且没有得到地表下渗水分的补充,所以水分含量要小于地表水分。

在间作界面上,40~350 cm 土层上的含水量苜蓿一侧明显低于玉米一侧。随着距离玉米苜蓿界面越远,苜蓿地的水分含量有降低的趋势,而玉米地内的土壤含水量有增大的趋势。说明苜蓿消耗的土壤水分明显大于玉米,玉米地内水分有向苜蓿地移动的趋势。

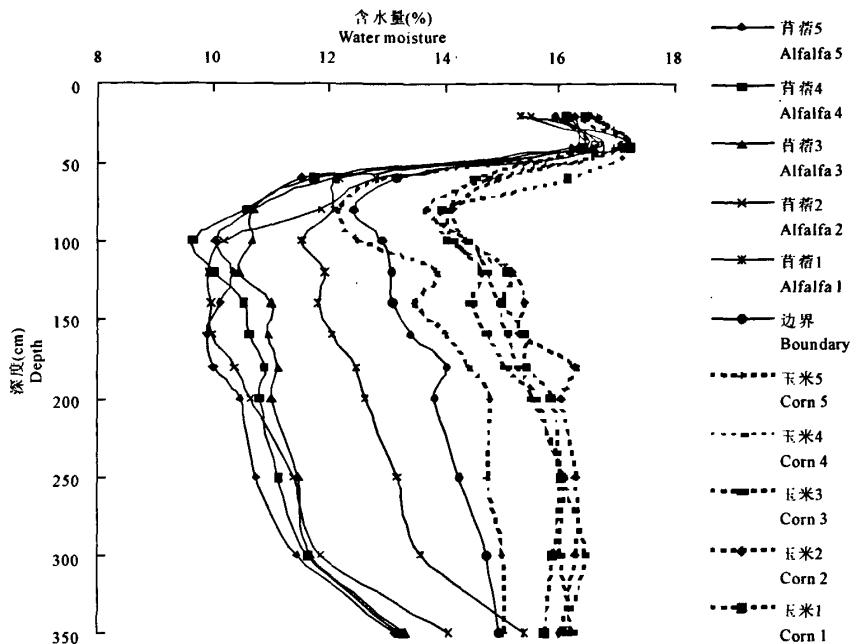


图 5 玉米苜蓿种植边界处水分分布
Fig.5 Soil water content in boundary between corn and alfalfa

3.4 界面生长特性

受土壤水分储量的影响,间作界面作物生长呈现出较大差异,为探索界面作物生长规律,分别测定了界面两侧各行玉米、苜蓿株高(见表 1),表中测量点从 1 到 5 为由界面向两侧的作物行数。株高值为每行作物的平均值。

表 1 玉米苜蓿种植边界处生长特性
Table 1 Plant height on boundary between corn and alfalfa

坡度 Slope	作物 Crop	株高 Plant height(cm)				
		1	2	3	4	5
5°	苜蓿 Alfalfa	66.8	65.6	58.7	59	55.2
	玉米 Corn	171	173.2	175.6	177	177.3
10°	苜蓿 Alfalfa	53.5	52.6	53	52.4	51.1
	玉米 Corn	158.9	157	162.3	165.4	164
15°	苜蓿 Alfalfa	54	52.5	51	51.3	50.2
	玉米 Corn	135.2	136.8	138	139	138.7

由表 1 可知,随着坡度增大,玉米和苜蓿的株高都呈现出了降低的趋势。随着距离交界处越远,从边界向玉米条带,玉米株高随之增大;从边界处向苜蓿地块,苜蓿的株高反而有一定的降低趋势。由于苜蓿的耗水量大于玉米,且边界处的苜蓿能从玉米地块吸收一定量的水分,来弥补水分的不足,而苜蓿植物离玉米地块越远,得到玉米地水分补充较少,受水分胁迫严重,株高受到影响。

4 结 论

1) 坡耕地玉米苜蓿间作与玉米地和裸地相比,可有效拦蓄降雨,减少径流损失,起到减少水土流失的功效。在 5°、10°和 15°三个坡度下,由于苜蓿的拦截蓄水能力优于玉米,玉米苜蓿间作产流量均小于单作玉米和裸地。且随着坡度增大,间作下的产流量也随之增大,损失的水分也相应有所增多。

2) 玉米苜蓿间作,在整个 0~350 cm 土层上,玉米地土壤含水量大于苜蓿地;间作界面上,随着距离玉米苜蓿交界处越远,苜蓿地的水分含量有降低的趋势,而玉米地内的土壤含水量有增大的趋势。苜蓿地块消耗的土壤水明显大于玉米地块。

3) 玉米苜蓿种植界面处玉米生长特性表现为从边界向玉米地块方向株高有增大的趋势,而苜蓿相反,既从边界处向苜蓿地块方向一定范围内,株高有逐渐降低的趋势。

参 考 文 献:

[1] 万素梅,黄庆辉,胡守林,等.渭北旱塬不同品种紫花苜蓿土壤水分状况与产量的关系[J].干旱地区农业研究,2004,22(3): 14—18.
[2] 白向历,孙世贤,杨国航,等.不同生育时期水分胁迫对玉米产量及生长发育的影响[J].玉米科学,2009,17(2):60—63.
[3] 刘景辉,曾昭海,焦立新.不同青贮玉米品种与紫花苜蓿的间作效应[J].作物学报,2006,32(1):125—130.

- [4] 李显瑞,于清军,吴喜才.“紫花苜蓿——玉米”草粮间作应用效益分析[J].草业科学,1999,16(6):23—25.
- [5] 安瞳昕,李彩虹,吴伯志.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—21.
- [6] 孙洪仁.紫花苜蓿花前蒸腾系数及紫花苜蓿和玉米经济产量耗水系数比较[J].草地学报,2003,11(4):346—349.
- [7] 党志强,赵桂琴,龙瑞军.河西地区紫花苜蓿的耗水量与耗水规律初探[J].干旱地区农业研究,2004,22(3):67—71.
- [8] 程维新,欧阳竹.关于单株玉米耗水量的探讨[J].自然资源学报,2008,23(5):929—935.
- [9] 王 健,蔡焕杰,刘红英.免耕覆盖夏玉米耗水特性及土壤环境变化研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):35—39.
- [10] 赵 举,郑大玮,潘志华,等.农牧交错带粮草带状间作防风蚀保土效应的研究[J].华北农学报,2005,20(专辑):5—9.
- [11] 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.
- [12] 刘晶森,安顺清,廖荣伟,等.玉米根系在土壤剖面中的分布研究[J].中国生态农业学报,2009,17(3):517—521.
- [13] 慕自新,张岁岐,郝文芳,等.玉米根系形态性状和空间分布对水分利用效率的调控[J].生态学报,2005,25(11):2895—2900.

Soil water in a corn – alfalfa intercropping system on slope land

YUN Feng¹, WANG Jian¹, WU Fa-qi¹, YIN Wu-jun¹, GAO Xi², CAO Wei-peng¹

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

2. Soil and Water Conservation and Ecological Environment Monitoring Station, Panzhihua, Sichuan 617000, China)

Abstract: Slope forage intercropping can intercept slope runoff and reduce soil erosion as well as increase water use efficiency. Using probe-type monitoring of soil moisture dynamics combined with time-domain reflectometer, experiments of soil moisture monitoring in a sloping corn-alfalfa intercropping under different slopes was conducted. The results showed that runoff increased with slope gradient increasing under 5°, 10° and 15°, while the order of runoff volumes derived from different cropping treatments was alfalfa monoculture < corn-alfalfa intercropping < corn monoculture < bare soil, no matter how much the slope gradient was (5°, 10° or 15°). Compared to monoculture and bare soil, intercropping could effectively reduce surface runoff. Water consumption by alfalfa was more than that by corn, so the soil water content in alfalfa strips was obviously lower than that in corn strips. As the distance from the interface increased, the soil water content in alfalfa strips declined but increased in corn strips. From the border to both sides, corn plant height increased, while the alfalfa plant height decreased.

Keywords: slope land; corn – alfalfa intercropping; soil water distribution; soil water movement; volumetric water content

(上接第 52 页)

Determination of infiltration parameters and manning roughness according to process of water flow in border irrigation

NIE Wei-bo¹, FEI Liang-jun¹, MA Xiao-yi²

(1. Institute of Water Resources, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China; 2. Key Laboratory for Agricultural Soil and Water Engineering in Arid Area of Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the principle of water volume balance, a method was proposed to determine infiltration parameters and Manning roughness according to two groups of field irrigation data under blocked-end border irrigation. The validity of the proposed method is verified by experimental data, then the values of infiltration parameters and Manning roughness were introduced into the WinSRFR model. The process of water flow was simulated by WinSRFR model, and the simulated value had a good fit to the measured. The results show that infiltration parameters and Manning roughness can be effectively determined with the new method, which may lay a foundation for technical element design and operation evaluation of a border irrigation project.

Keywords: principle of water volume balance; water flow process; Kostiakov model; infiltration parameter; Manning roughness