

粮草带状间作对宁南山区缓坡耕地生产力的影响

雷晓婷, 祁焕军, 雷金银*, 周丽娜, 何进勤, 纪立东, 徐瑾瑜

(宁夏农林科学院农业资源与环境研究所, 银川 750002)

摘要:为提高宁南山区缓坡耕地保土蓄水能力及生产力水平,研究了玉米-红豆草粮草带状间作对坡耕地土壤水分、养分及作物产量等的影响。试验共设8 m全种玉米(H₁)、8 m全种红豆草(H₂)、2 m玉米+6 m红豆草(H₃, H_{3-c}+H_{3-s})、4 m玉米+4 m红豆草(H₄, H_{4-c}+H_{4-s})、6 m玉米+2 m红豆草(H₅, H_{5-c}+H_{5-s})5个处理。研究表明:玉米-红豆草间作带之间表现出良好的水分平衡利用关系,0~20 cm、20~40 cm、60~80 cm土层,H_{4-c}和H_{4-s}不同作物带土壤含水量差值最低分别为0.4%、0.16%和0.36%。H₄为土壤水分最佳平衡点;红豆草种植处理表层0~20 cm土壤砂粒含量降低,各处理对底层20~40 cm土壤机械组成影响不大。不同带宽对有机质含量变化的影响表现为:随着玉米带宽的增加先增加后降低,随着红豆草带宽的减少先降低后增加,其中H₄为转折点;相对于H₁、H₃、H₄和H₅带状间作均有增产作用,分别实现增产5%、16%和22%。相比H₂、H₃和H₄带状间作红豆草干重增加32%和23%,而H₅红豆草干草量有所下降。总体看,H₄是实现最大生态经济效益的最优带宽。

关键词:粮草带状间作;红豆草;玉米;坡耕地;宁南山区

中图分类号:S158

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2023)03-0038-06

Effects of Intercropping of Grain and Grass on Productivity on Gentle Slope Land in Mountain Area of Southern Ningxia

LEI Xiaoting, QI Huanjun, LEI Jinyin*, ZHOU Lina, HE Jinqin, JI Lidong, XU Jinyu

(Institution of Agricultural Resource and Environment, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract: To improve the capacity of soil and water conservation and productivity of the gentle slope land in Mountain Area of Southern Ningxia, the research was studied on the effects of on soil moisture, nutrients, and crop yield on slope land in mountain area of southern Ningxia under corn-sainfoin intercropping. The experiment consisted of 5 treatments: whole corn (H₁), whole sainfoin (H₂), 2 m corn + 6 m sainfoin (H₃, H_{3-c} + H_{3-s}), 4 m corn + 4 m sainfoin (H₄, H_{4-c} + H_{4-s}), 6 m corn + 2 m sainfoin (H₅, H_{5-c} + H_{5-s}). The results showed that, the corn-sainfoin intercropping belt shows a good water balance utilization relationship, with H₄ as the best balance point. In 0-20 cm, 20-40 cm, 60-80 cm soil. The lowest difference of soil moisture content between corn and sainfoin respectively are 0.4%, 0.16% and 0.36% under H_{4-c} and H_{4-s}. The content of sand in the 0-20 cm soil of the sainfoin planting treatment was reduced, and the effect of each treatment on the mechanical composition of the bottom layer of 20-40 cm soil was not significantly. The effect of different bandwidth on the change of organic matter content was as follows: as the bandwidth of corn increased, it increased firstly and then decreased; as the bandwidth of sainfoin grass decreased, it decreased firstly and then increased, with H₄ being the turning point. Compared with H₁, H₃, H₄ and H₅ both improved the yield, which increased yield by 5%, 16% and 22%, respectively. Compared with H₂, H₃ and H₄ increased the dry weight of sainfoin grass respectively by 32% and 23%, while the amount of H₅ decreased. Overall, H₄ is the optimal bandwidth to achieve maximum ecological economic benefits.

Key words: Intercropping of grain and grass; Sainfoin; Corn; Sloping arable land; Mountain area of southern Ningxia

收稿日期:2020-07-17

基金项目:国家自然科学基金项目(41561059);宁夏回族自治区科技支撑项目(2011ZYN156);一二三产业融合发展科技创新示范项目(YES-16-0902)

作者简介:雷晓婷(1991-),女,实验师,硕士,主要从事旱作农业相关研究。

通讯作者:雷金银,男,博士,副研究员,E-mail: leijinyin@126.com

我国黄土高原地区坡耕地水土流失十分严重,充分合理利用缓坡耕地对实现粮食增产增收,提高生态经济效益具有重要意义^[1-3]。宁夏南部山区生态环境脆弱,水资源严重贫乏,水土流失及土壤侵蚀严重,加之不合理的耕作措施和管理措施致使农业可持续发展面临严峻考验。不适宜或不宜直接作为耕地的梁峁缓坡地、土石质丘陵缓坡地、梁峁陡坡地、梁峁峁地、沟坡地、土石丘陵陡坡地和石质山地耕地总面积1 160.23 km²,占宁南山区固原市耕地面积的11.02%^[4]。水平梯田成为宁南山区一项有效保持水土的措施,也是当地稳定并提高作物产量的基本农田形式^[5]。根据各地自然环境和农牧生产方式以及其生态环境问题选择恰当的防治措施,这方面的研究工作还相对薄弱,远跟不上生产实践的需要^[6-7]。因此,根据宁南山区农业发展目标和需求,因地制宜地选取适合山区缓坡耕地的农业生产和管理技术模式对提高缓坡耕地保土蓄水能力,恢复生产力从而实现粮食增产、农民增收意义重大。将坡耕地进行坡改梯改造或采取草粮带状间作措施可提高耕地质量^[4,8]。

大量研究证实草田轮作及带状间作,不仅是恢复地力、培肥土壤、提高农作物和牧草产量的重要途径和措施,而且水土保持效益明显,是一种保水保土和“用地养地”的科学种植制度^[9]。路海东^[10]等在宁南缓坡地区采取粮食作物(谷子或糜子)与苜蓿间作种植,结果表明粮食作物的土壤水分含量增加,粮食产量和水分利用效率提高,水土流失减少。采用坡顶以苜蓿开头的2:4粮草

条带间作种植模式效果最佳。安瞳昕等^[11]研究证实粮草间作的种植模式对治理坡耕地水土流失的效果明显。国外不同地区研究表明,在坡耕地上实行粮草间作有很好的水土保持效果^[12-14]。粮草间作不仅可以获得相当的粮食产量,豆科牧草也可同时固结土壤、增加土层厚度和提高土壤肥力^[15]。

豆科牧草根系强大,具有良好的固氮作用及生物改土功能,粮食作物与豆科牧草间作可调节土壤肥力,增产增效,红豆草素有“牧草皇后”之称,具有很好的生态及经济价值^[16-17]。玉米为宁南山区种植的主要经济作物。因此,针对宁南山区缓坡耕地,以玉米-红豆草粮草带状间作种植模式为例开展研究,为退化坡耕地土地生产力的恢复与保育途径和坡耕地水土流失治理及其高效利用提供理论依据。以期在获得良好的社会生态效益的同时,促使当地农业种植结构优化升级。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

宁夏南部山区是黄土高原土壤受侵蚀严重的地区之一,尤为固原市原州区地形复杂,气候恶劣。加之人为过度干扰导致土壤侵蚀类型多样及水土流失严重。降水分布不均,平均为382.0 mm,其中6~9月占65.6%。多年平均气温为5.3℃,极端最低气温-32℃,极端最高气温32.6℃,最大日较差27℃,≥10℃积温2 400℃·d。试验地土壤基本性质见表1,试验期间降雨量分布见图1。

表1 试验地土壤基本性质

土层深度 (cm)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	颗粒组成(%)		
					砂粒 2.0~0.02 mm	粉粒 0.02~0.002 mm	黏粒 <0.002 mm
0~20	10.3	47	19.2	101	51.5	32.0	16.5
20~40	1.5	32	15.5	71	51.3	31.5	17.4

1.2 试验设计

供试作物为玉米和红豆草,前茬玉米。采用完全随机区组设计,重复3次,各处理均为横坡等高种植,小区面积50 m²(2 m×25 m)。5月份播种。无灌溉。施肥水平参照当地常规:农家肥和磷酸二铵作为种肥一次性施入,施用量分别为37 500 kg/hm²和275 kg/hm²,尿素分两次施入,基施150 kg/hm²,追施75 kg/hm²。试验共设5个处理:H₁:8 m全种玉米,H₂:8 m全种红豆草,H₃(H_{3-c}+H_{3-s}):2

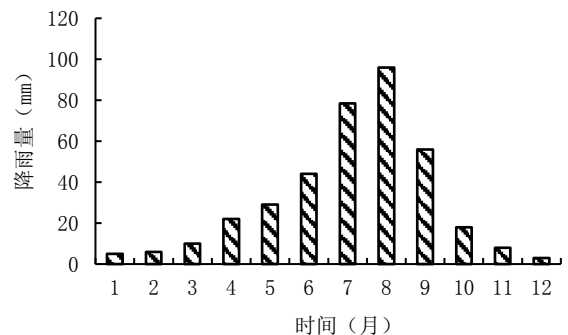


图1 试验期间降雨量分布

m 玉米+6 m 红豆草, H₄(H_{4-c}+H_{4-s}): 4 m 玉米+4 m 红豆草, H₅(H_{5-c}+H_{5-s}): 6 m 玉米+2 m 红豆草。

1.3 测定指标

1.3.1 土壤物理性质

土壤水分含量测定: 在每个小区坡中位置采样, 采用烘干法测定土壤含水量。测定深度 0~80 cm, 共有 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm 4 层。分别在播前和收获后采用环刀法测定土壤容重。土壤储水量计算公式为: $S = \sum 10 \times h_i \times d_i \times w$ 。

式中: h_i 为 i 层土壤厚度; d_i 为 i 层土壤容重, w 为土壤质量含水量, 以百分含量表示。

1.3.2 土壤化学性质

分别在播种前和收获后采集 0~20 cm、20~40 cm 土样, 测定土壤有机质、速效氮、速效钾、速效磷含量。其中, 有机质采用重铬酸钾氧化法测定; 碱解氮采用碱解扩散法测定; 土壤有效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提钼锑抗比色法测定; 土壤速效钾采用 1 mol/L NH₄OAC 浸提火焰光度计法测定。

1.3.3 生物学产量

玉米收获时, 按小区全区收获统计产量, 同时选取代表样品 10~15 株测定其穗长、穗行数、穗粒数、百粒重等农学指标。

1.3.4 数据分析

本试验数据均采用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 软件进行统计处理及方差分析(LSD)。

2 结果分析

2.1 粮草带状间作土壤水分变化

2.1.1 土壤 0~80 cm 储水量及各层次土壤含水量变化

土壤水分是土壤内部物理、化学和生物过程不可缺少的介质, 不仅影响土壤物理、化学和生物学性质, 关系土壤中养分溶解、转移和微生物活动, 而且是植物生长发育的重要条件, 在旱作农业区尤为重要^[18]。由图 2 可知, 红豆草耗水量高于玉米, 作物整个生育期 0~80 cm 土壤平均储水量 H₁ 最高为 151.21 mm, H₂ 最低为 124.13 mm。土壤储水量随玉米生长季节的变化而波动, 受作

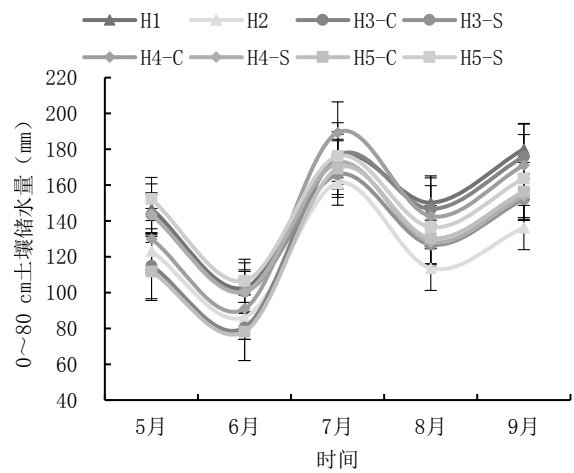


图 2 粮草带状间作条件下 0~80 cm 土壤储水量随时间的变化

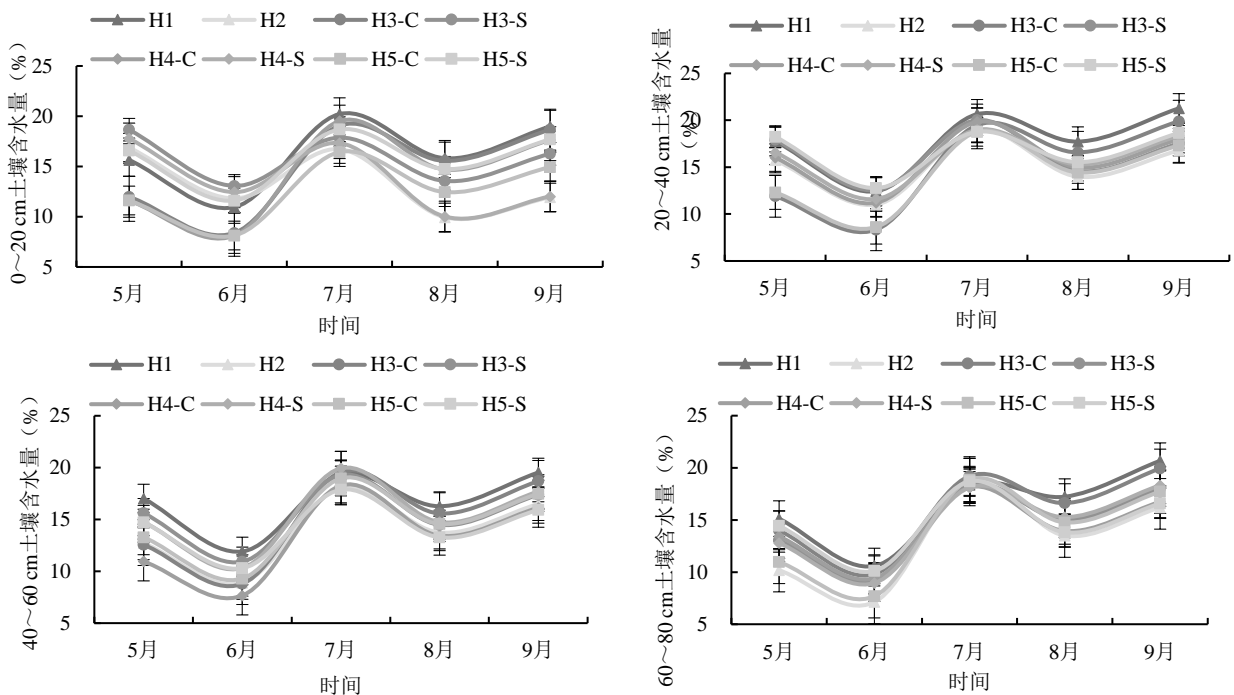


图 3 粮草带状间作条件下各层次土壤含水量变化

物需水规律和降雨量的影响,玉米-红豆草间作间距影响土壤储水量。早期由于红豆草种植时间较晚,表现为玉米带土壤储水量低于红豆草带,随着7~8月红豆草进入生长旺期耗水量增加,红豆草带土壤储水量低于玉米带。随着玉米带宽的增加红豆草带宽的减少,红豆草带土壤储水量逐步增加, $H_2 < H_{3-S} < H_{4-S} < H_{5-S}$ 。

如图3所示,各处理不同土层土壤含水量均呈先降低再增加的趋势,7月份土壤含水量最高,玉米带最高在 H_1 处理为20.65%,红豆草带最高在 H_{3-S} 处理为20.22%。 H_1 在20~40 cm土层土壤含水量最高为17.97%,在0~20 cm土层最低为16.32%。 H_2 在20~40 cm土层中土壤含水量最高为15.31%,在60~80 cm土层中最低为13.16%。在0~20 cm表层土壤中,生长初期玉米带土壤含水量均低于红豆草带。 H_{3-C} 、 H_{4-C} 、 H_{5-C} 土壤含水量随玉米生长表现出差别。生长旺盛期土壤含水量急剧增加且玉米带高于红豆草带。其中0~20 cm、20~40 cm、60~80 cm土层, H_{4-C} 和 H_{4-S} 土壤含水量分别为14.31%和13.92%、16.01%和16.17%、14.33%和14.69%,较其他处理,玉米和红豆草带土壤含水量差值最低分别为0.4%、0.16%和0.36%。因此, H_4 为土壤水分最佳

平衡点。

2.1.2 土壤垂直剖面含水量变化

由图4可知,玉米开花期土壤含水量随着土壤深度增加呈现先增加后减少再增加的变化趋势,以40 cm和60 cm为水分转折“拐点”。 H_2 比 H_1 的土壤含水量明显偏低,随着玉米带宽的减少及红豆草带宽的增加土壤含水量降低,因红豆草处理对水分需求大,表现为土壤含水量较低。

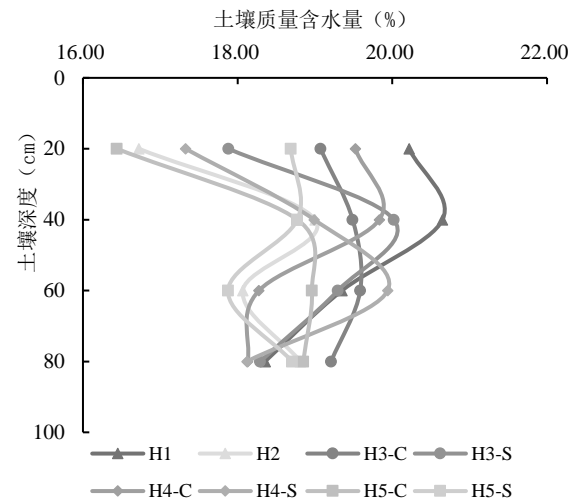


图4 粮草带状间作条件下土壤含水量垂直剖面变化

表2 粮草带状间作对土壤养分的影响

土层 (cm)	处理	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	机械组成 (%)			
						砂粒	粉粒	黏粒	
0~20	基础土壤	19.2a	101a	10.3a	47a	51.5ab	32.0a	16.5a	
	H_1	12.82b	57.38bc	11.65a	87.15b	55.99a	33.19a	10.83b	
	H_2	19.90a	76.96cd	7.45b	67.05c	49.42b	38.86b	11.72b	
	H_3	H_{3-C}	14.32bc	60.97bc	10.75a	71.50c	54.80a	33.78a	11.42b
		H_{3-S}	15.41c	59.90bc	11.35a	85.85b	55.23a	34.32ab	10.44b
	H_4	H_{4-C}	12.65b	51.10bd	10.95a	61.50c	53.87ab	35.07ab	11.05b
		H_{4-S}	13.58bc	60.08bc	15.00c	73.65c	57.46a	32.73a	9.81b
	H_5	H_{5-C}	12.07b	49.66b	12.75ac	64.35c	55.57a	33.33a	11.10b
H_{5-S}	13.78bc	53.61bc	23.60d	65.10c	55.26a	33.23a	11.50b		
20~40	基础土壤	15.5a	71a	1.5a	32a	51.1a	31.5a	17.4a	
	H_1	6.55b	20.74b	1.70ab	50.60b	58.50ab	31.31a	10.19a	
	H_2	15.37a	60.62c	2.05bc	47.90b	49.40a	39.30b	11.29a	
	H_3	H_{3-C}	6.78b	23.08b	2.20c	37.65a	58.06ab	31.78a	10.16a
		H_{3-S}	11.35c	41.40d	2.40c	54.70b	54.87ab	34.35ab	10.78a
	H_4	H_{4-C}	12.65c	51.10d	10.95d	61.50c	57.95ab	32.88a	9.18a
		H_{4-S}	7.85b	26.31b	2.45c	49.65b	59.35b	31.47a	9.18a
	H_5	H_{5-C}	7.65b	26.85b	3.60e	41.80ab	59.16b	30.84a	9.99a
H_{5-S}	5.29b	18.41b	1.90abc	40.85ab	57.99ab	31.73a	10.28a		

注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),下同

2.2 粮草带状间作草对缓坡耕地土壤机械组成的影响

由表2可以看出,粮草带状间作对土壤机械组成有影响,但是各处理之间差异不显著,主要表现为红豆草种植处理表层0~20 cm土壤砂粒含量降低,红豆草的覆盖作用减少了表层土的风蚀,具有土壤培肥和减少土壤养分流失的功能。各处理对底层20~40 cm土壤机械组成影响不大。

2.3 粮草带状间作草对缓坡耕地土壤养分的影响

由表2可以看出,各处理表层0~20 cm土壤养分含量均比底层20~40 cm含量高。与H₁相比,H₂表层0~20 cm和20~40 cm有机质均显著增加,分别增加35.57%和57.39%,H₃、H₄、H₅也表现为红豆草带有机质高于玉米带,且随着玉米带宽的增加先增加后减少,其中H₄为转折点。因为红豆草能增加土壤有机质的积累,而玉米需肥量大于红豆草,因此随着玉米带宽增加土壤养分消耗增大,

有机质积累增多,随着带宽继续增加有机质积累趋于平衡。土壤碱解氮也表现出相似的规律。红豆草种植能够提高土壤速效钾、速效磷含量,但未表现出明显的规律性。

2.4 合理粮草带状间作配置对坡耕地作物产量及生物量的影响

从表3可以看出,相对于H₁、H₃、H₄和H₅带状间作均有增产作用,分别实现增产5%、16%和22%。相比H₂、H₃和H₄带状间作红豆草干重增加32%和23%,而H₅红豆草干草量有所下降,且除H₁和H₂外,玉米产量随着带宽的增加而增加,而红豆草干草量反之,随着带宽的增加而降低。由总收入来看,H₁收入最高,但结合以上土壤理化性质等特征分析来看,H₄具有良好的生态、经济效益,此带宽间距可以视为红豆草和玉米之间相互发挥物理、化学和生态作用,实现最大生态经济效益的最优带宽。

表3 粮草带状间作对作物产量及生物量的影响

处理	穗行数	穗粒数	百粒重(g)	产量(kg/hm ²)	生物量干重(kg/hm ²)	总收益(元/hm ²)	
H ₁	14	504	16.45	3 940.67a	4 050.57a	8 669.474a	
H ₂	14	-	-	-	1 386.17a	1 663.40b	
H ₃	H _{3-c}	14	546	15.94	4 137.04a	3 811.34a	7 375.44c
	H _{3-s}	-	-	-	-	1 831.09b	
H ₄	H _{4-c}	14	518	18.56	4 569.41b	3 898.31a	8 052.53d
	H _{4-s}	-	-	-	-	1 710.00b	
H ₅	H _{5-c}	14	576	17.56	4 807.50b	4 794.18b	8 284.70d
	H _{5-s}	-	-	-	-	1 174.41a	

注:表中总收益为红豆草和玉米籽粒收益的综合,不包括玉米秸秆的收益。通过当年市场调查红豆草干草价格1.2元/kg,玉米籽粒价格2.2元/kg

3 讨论

粮草带状间作可以改变坡面小地形,使光秃的坡面变成起伏不平的沟垄,增加地面粗糙度,同时地面覆盖增强了降雨入渗,减少了雨滴的溅蚀,从而起到蓄水保土作用^[19]。因牧草为多年生植物,其茎叶茂盛根系发达,降低了土壤容重,增加了土壤孔隙度,使水分保持在土壤中,有效减少地表径流,延缓土壤水分消耗的时间^[10]。本研究结果显示带状间作模式下作物玉米带和牧草红豆草带表现出良好的水分平衡利用关系,且受带宽影响显著,红豆草对水分需求大,以玉米-红豆草带宽4 m:4 m为最佳平衡点。这一结果与云峰等^[20]研究结果一致。陈玉香等^[21]研究发现玉米与苜蓿间作,对土壤理化性质有明显改善,表

现在土壤有机质质量分数上升,体积质量下降,土壤全氮、全磷、全钾质量分数升高。粮草间作具有良好的土壤培肥和减少土壤养分流失的功能^[22]。本研究中玉米与红豆草间作种植条件下土壤有机质均显著增加,且红豆草带有机质高于玉米带。因牧草根系具有很强的固氮作用,可提高土壤有机质培肥地力。粮草间作可以保证粮食作物不减产的情况下增收一部分牧草效益,为畜牧业发展提供优质饲料^[1]。粮草带状间作是实现作物增产的有效耕作模式,本研究中相对单种玉米或单种红豆草,间作均能增加产量。玉米苜蓿带状间作下,生产力指数均明显高于裸地,玉米不同带宽带状耕作下表现出随着玉米带宽的增大,生产力指数增大^[23]。该研究中最优带宽比下间作物与牧草均能很好发挥理化及生态作用,获得

良好的生态、经济效益。

在缓坡耕地上施行粮草带状间作的种植模式虽然可以有效提升生产力、防止水土流失,但因受到多种因素的限制该种植模式仍然不能被广泛应用到大量的坡耕地耕种中,需要投入更多的精力去深入研究解决实际生产问题,以期推动种植业和畜牧业的融合发展,为宁南山区农业可持续发展提供技术支撑^[24-25]。

4 结 论

(1)粮草带状间作玉米带和红豆草带表现出良好的“源”“库”水分平衡利用关系。红豆草耗水量明显高于玉米,随着玉米带宽的增加,红豆草带土壤储水量逐步增加, $H_2 < H_{3-s} < H_{4-s} < H_{5-s}$ 。0~20 cm、20~40 cm、60~80 cm 土层, H_{4-c} 和 H_{4-s} 与其他处理相比,玉米和红豆草带土壤含水量差值最低分别为0.4%、0.16%和0.36%。因此, H_4 为土壤水分最佳平衡点。

(2)各处理表层0~20 cm各土壤养分含量均比底层20~40 cm含量高。与 H_1 相比, H_2 表层0~20 cm和20~40 cm有机质均显著增加,分别增加35.57%和57.39%, H_3 、 H_4 、 H_5 也表现为红豆草带有机质高于玉米带,且随着玉米带宽的增加先增加后减少,其中 H_4 为转折点。

(3)相对于 H_1 、 H_3 、 H_4 和 H_5 带状间作均有增产作用,分别实现增产5%、16%和22%。相比 H_2 、 H_3 和 H_4 带状间作红豆草干重增加32%和23%。从生态经济综合效益分析, H_4 是实现最大生态经济效益的最优带宽。

参考文献:

- [1] 汪立刚,梁永超.坡耕地粮草间作的培肥保土效果及生态环境经济效益[J].中国农学通报,2008,24(10):482-486.
- [2] 邓鑫欣,张加琼,杨明义,等.黄土高原水蚀风蚀交错带坡耕地土壤风蚀特征[J].水土保持研究,2019,26(3):1-6.
- [3] 王洪梅,程延彬,周志军.我国坡耕地粮草带状间作的研究进展[J].黑龙江农业科学,2018(6):153-156.
- [4] 刘 茹,张 庚,王思楚,等.宁南黄土丘陵沟壑区土地类型与土地利用耦合分析[J].北京师范大学学报(自然科学版),2018,54(3):426-434.
- [5] 蔡进军,张源润,火 勇,等.宁南山区梯田土壤水分及养分特征时空变异性研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):83-87.
- [6] 许建晶,罗珠珠,陈 英.坡耕地土壤微生物功能多样性对间作体系的响应[J].草业科学,2019,36(2):314-323.
- [7] 刘江汉,何文寿.粉垄耕作对土壤性质及马铃薯产量的影响[J].东北农业科学,2020,45(2):20-25.
- [8] 李 楠,李 强,刘春光,等.粮-草轮作对吉林省西部盐渍化土壤的改良效果[J].东北农业科学,2019,44(5):38-42.
- [9] 王继红,孟凡胜,王 宇,等.岗平地黑土草田轮作的生态效应[J].吉林农业科学,2002,27(4):26-28,32.
- [10] 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.
- [11] 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(5):18-20,24.
- [12] Bojie Fu, Jun Wang, Liding Chen, 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): 197-213.
- [13] J C Alegre, M R Rao. Soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1996, 57(1): 17-25.
- [14] Doral, Kemper. Hedging against erosion [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1992, 47(4): 284-288.
- [15] 郝 帅.粮草间作秸秆还田对黑土物理性状及有机碳的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2016.
- [16] 徐智明,李争艳,朱德建,等.5个红豆草品种在江淮地区的种子产量及产量构成要素[J].南方农机,2018,49(2):7.
- [17] 郑 伟,栾志慧,张红香,等.草牧业之根本-我国牧草培育现状分析与发展思考[J].东北农业科学,2019,44(6):111-114.
- [18] 董立国,袁汉民,蔡进军,等.宁南山区保护性农业措施对冬小麦农田休闲期土壤水分的影响[J].水土保持通报,2015,35(6):47-52.
- [19] 尹传逊,尹贻亮.坡耕地蓄水保土耕作技术措施的探讨[J].水土保持通报,1992(6):40-49.
- [20] 云 峰,王 健,吴发启,等.坡耕地玉米苜蓿间作水分分布与运移[J].干旱地区农业研究,2011,29(1):53-57.
- [21] 陈玉香,周道玮.玉米-苜蓿间作的生态效应[J].生态环境,2003(4):467-468.
- [22] 安瞳昕,周 锋,吴珍珍,等.坡耕地间作作物群体水土保持耕作措施[J].水土保持研究,2019,26(2):17-22.
- [23] 肖 宇,刘青松,徐玉鹏,等.苜蓿-玉米-小黑麦“草粮兼顾”型种植模式产量及经济效益分析[J].中国农学通报,2018,34(33):17-20.
- [24] 云 峰.渭北黄土高原坡地土壤退化及生产力恢复研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [25] 潘启通.我国间作技术发展现状及应用分析[J].农家参谋,2018(12):18.

(责任编辑:刘洪霞)