



# 我国坡耕地粮草带状间作的研究进展

王洪梅<sup>1</sup>,程延彬<sup>2</sup>,周志军<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省林业科学研究所,黑龙江 哈尔滨 150081;2. 内蒙古呼伦贝尔市海拉尔农垦(集团)有限责任公司,内蒙古 呼伦贝尔 021008)

**摘要:**随着我国耕作制度的变革及农业产业结构的战略性调整,粮草间作在坡耕地中发挥越来越重要的作用。为发展生态农业,促进农村经济可持续发展。文章综述了我国坡耕地不同生态区域的粮草间作主要栽培模式及生态社会经济效益,对坡耕地粮草间作存在的主要问题及发展前景进行了展望。

**关键词:**坡耕地;粮草间作;问题;展望

我国现有坡耕地约 4 000 万  $\text{hm}^2$ ,受自身地形条件的限制和人们的不合理耕作,导致大面积的水土流失,土壤养分减少,作物减产<sup>[1-2]</sup>。我国在控制坡耕地水土流失方面进行了大量的调查和研究,总结出一些方法,如打坝淤地工程<sup>[3]</sup>、坡改梯田<sup>[4]</sup>、水平沟粮草间作<sup>[5]</sup>等,取得了显著的成效。但是,传统坡改梯由于技术投资大,耗时长等缺点,应用上存在一定的局限性。为此,寻找简单易行且具有良好社会、生态和经济效益的坡地水土保持方法显得尤为重要。农林复合系统适用于坡度较大的坡地,对于坡度较小且从事农牧业生产的农区,坡耕地收益相对较低<sup>[6]</sup>。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<sup>[7-9]</sup>。本文综述了我国坡耕地不同生态区域的粮草间作主要栽培模式及生态社会经济效益,并对坡耕地粮草间作存在的主要问题和前景进行了展望,旨在为农村经济的可持续发展提供支持。

## 1 坡耕地粮草间作模式

### 1.1 玉米/苜蓿间作模式

玉米/苜蓿这种间作模式在我国坡耕地粮草间作中应用较为广泛。王健等<sup>[10]</sup>在渭北黄土高原坡地设置不同的坡度( $5^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 共 3 个坡度),径流小区宽为 2 m、坡长为 20 m。玉米和苜蓿共有 5 种间作模式。主要研究不同耕作模式对黄土

坡耕地降雨产流产沙的影响和坡度变化对坡耕地产流产沙的影响。结果表明:在  $5^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$  坡试验径流小区上玉米苜蓿间作下年均产流总量分别比裸地降低了 7.2%、59.7% 和 59.1%。玉米苜蓿间作下年均产沙量分别比裸地降低了 74.0%、82.3% 和 89.5%。各处理地块的产流产沙量随着坡度的增加而增加。

成婧等<sup>[11]</sup>在渭北旱塬坡耕地上采用 10 m 苜蓿带+10 m 玉米带的种植模式,研究其玉米苜蓿间作的蓄水保土效益。结果表明,该间作模式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%,蓄水保土效益显著。另外,云峰等<sup>[12]</sup>在渭北黄土高原坡地采用探头式中分子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,认间作能有效减小坡面的径流,玉米耗水量小于苜蓿耗水量,玉米条带土壤含水量明显高于苜蓿条带土壤含水量。

张桂国等<sup>[13]</sup>在山东泰安地区,共设置 4 种苜蓿和玉米间作行数比(2:2、3:2、4:2 和 5:2),研究不同苜蓿+玉米间作模式下种间竞争力变化,及其对间作系统产量建成的影响。结果表明:在第 1 年和第 2 年的生长中,苜蓿竞争力大于玉米,占据间作系统的有力位置,所有间作处理生物总产量都不低于单作玉米和单作苜蓿,其中 5:2 间作模式表现出最佳的生产优势。

在贵州地区,朱青等<sup>[14]</sup>在  $21^\circ$  的坡耕地上开展了紫花苜蓿+玉米间作、作物分带轮作和玉米单作 3 种植植模式的坡耕地水土保持效果对比研究,紫花苜蓿与玉米等距离相间横坡条带种植。结果表明:紫花苜蓿+玉米间作与分带轮作 2 种

收稿日期:2018-02-05

基金项目:黑龙江省森林工业总局青年基金资助项目(sgzjQ2015007)。

第一作者简介:王洪梅(1979-),女,硕士,副研究员,从事土壤改良与复合种植技术研究。E-mail: wanghm1979@126.com。

通讯作者:周志军(1978-),男,硕士,副研究员,从事土壤改良与复合种植技术研究。E-mail:13159862346@163.com。

模式均可保持坡耕地全年覆盖。紫花苜蓿根系发达,可减少地表径流 39.3%,减少土壤侵蚀 59.3%;分带轮作可减少地表径流 10.4%,减少土壤侵蚀 21.3%。

### 1.2 青贮玉米/苜蓿间作模式

刘景辉<sup>[15]</sup>等在内蒙古地区研究不同青贮玉米品种与紫花苜蓿间作,采用裂区设计,主区为间作与单作模式,副区为青贮玉米与紫花苜蓿品种,共 8 个处理。

综合分析表明,紫花苜蓿第 2 年的 5-6 月即可收获第 1 茬,不仅能解决养殖业发展中的缺草问题,还能为青贮玉米提供较大生长空间。

### 1.3 谷子或糜子/苜蓿间作模式

路海东<sup>[16]</sup>在宁夏南部旱区 5°坡地上,连续 2 年研究 6 个不同粮草间作模式,主要是谷子或糜子间作苜蓿,粮食单作为对照。结果表明,与粮食单作相比,6 个粮草间作种植模式土壤水分含量明显增加,产量增加 2.13%~23.88%,地表径流减少 18.58~74.90%,泥沙径流较少 30.14%~100%。

### 1.4 马铃薯/苜蓿间作模式

在黄土丘陵沟壑区,王生鑫等<sup>[17]</sup>采用春小麦、鹰嘴豆、马铃薯与紫花苜蓿间作,其种植模式为春小麦、鹰嘴豆、马铃薯与紫花苜蓿幅宽均为 1.8 m,总带宽为 3.6 m,结果马铃薯与紫花苜蓿间作模式能更佳有效地减少地表径流量和降低土壤侵蚀量。

### 1.5 玉米/草木樨间作模式

在黑龙江省依安县,郭居平<sup>[18]</sup>开展了早熟密植玉米与草木樨横坡沟垄带状间作模式,粮草用地比例为 2:1,第 1 年粮草间作,收割后翻地;第 2 年播小麦;第 3 年种大豆;第 4 年再粮草间作,经过 3 年试种,已收到明显效益。在黑龙江省不同地区,王宁<sup>[19]</sup>采用两垅玉米间种一垅草木樨,研究草木犀肥田养畜试验,结果表明,粮草间作地平均多收豆科鲜草 15 000 kg·hm<sup>-2</sup>。在黑龙江中低产黑土区,宿庆瑞等<sup>[20]</sup>采用每隔 2 垅玉米种 1 垄草木樨或每隔 4 垄种 2 垄草木樨间种模式的轮作试验,玉米单种为对照,经过 3 年试验,平均每年增收草木樨鲜草 36 539.25 kg·hm<sup>-2</sup>,用草木樨喂养的奶牛产奶期延长 12 d,每年每头牛产奶量增加 777.5 kg,粮草间作养奶牛比单种玉米养奶牛经济效益平均增长 8.03%。叶莉等<sup>[21]</sup>在齐齐哈尔市同样采用了每隔 2 垅玉米种 1 垄草木樨或

每隔 4 垄种 2 垄草木樨,全市平均每年的推广应用面积 0.67 万~1.00 万 hm<sup>2</sup>,可获得经济效益 1 100 多万元。

### 1.6 黄豆/苜蓿间作模式

在松干流域,杨世琦等<sup>[22]</sup>研究不同种植模式下坡耕地土壤氮磷流失的差异,结果表明,与玉米相比,大豆与苜蓿水土保持效果更好,土壤流失量减少了 19.2%~26.7%,土壤氮流失负荷减少 22.9%~31.3%,土壤磷流失负荷减少了 18.9%~32.4%,径流量减少了 4.8%~18.4%。松干流域坡耕地采用玉米、大豆、苜蓿横垄种植模式均能有效减少土壤氮磷流失。

### 1.7 玉米/沙打旺间作模式

在辽西地区,刘洋等<sup>[23]</sup>研究以玉米清种、沙打旺清种、玉米/沙打旺间作(2:1)、玉米/沙打旺间作(4:2)、玉米/沙打旺间作(2:2)为例研究不同间作模式的土壤水分和产量效应。结果表明,玉米/沙打旺间作对玉米株高的影响不显著,而对沙打旺的株高影响显著,同时株高的差异改变了玉米的通风透光状况。玉米、沙打旺间作(4:2)可以影响玉米干物质积累速率并延长峰值出现的时间,使其保持较长的快速增长期。以玉米清种最大,为 15 567.50 kg·hm<sup>-2</sup>,以玉米/沙打旺(2:1)的产量最低,为 11 238.33 kg·hm<sup>-2</sup>。综合来看,玉米/沙打旺间作(4:2)模式可以在辽西地区种植推广。

### 1.8 无芒雀麦/沙打旺间作模式

在黄土高原半干旱地区,徐炳成等<sup>[24]</sup>开展了无芒雀麦单播与沙打旺带状间作下的生产力与土壤水分比较研究,种植模式为 2 行无芒雀麦+2 行沙打旺,单播无芒雀麦为对照。结果表明,无芒雀麦与沙打旺带状间作有助于大幅度提高无芒雀麦的产量,促进了沙打旺的生长。

## 2 坡耕地粮草间作的生态经济社会效益

### 2.1 生态效益

粮草间作的种植模式对治理坡耕地水土流失的效果明显<sup>[25]</sup>。以中国东北地区为例,东北黑土带是中国主要粮生产基地,主要分布在黑龙江、吉林两省的中西部。黑土地的坡度一般在 1°~5°,为波状起伏的漫岗地形,母质以黏粒、粗粉沙为主,具有黄土特性,易遭受侵蚀<sup>[6]</sup>。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,改善土壤的理化性状,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<sup>[26]</sup>,使其生态效益和经济效益均十分显著。如王索柱等<sup>[27]</sup>在齐齐哈尔市所属讷河、依安、拜泉等县(市)进行粮草间作及养地养畜的试点,指出草木樨根系发达,后茬可培肥地力、改良土壤,增产粮食 15%~20%,并有 2~3 年的后效,具有良好的生态效益。因此,粮草间作可以有效地防止坡耕地水土流失,通过地表覆盖、土壤根系含量和生物多样性,提高土壤有机质物质的积累,恢复和提高土地生产力,有利于提高作物产量和质量<sup>[28-29]</sup>。

## 2.2 经济与社会效益

粮草作物与牧草间作可以获得很好的经济与社会效益。近 20 年来,很多研究表明,即使在好的黑土地上,由于连续多年种植粮食作物,使用大量的化肥和农药,只种地不养地的耕作制度,导致很多坡耕地的土壤有机质含量急剧下降<sup>[30]</sup>,黑土区土壤有机质发生了明显的降低<sup>[31]</sup>。苜蓿为多年生草本植物,苜蓿根系根瘤菌有强大的固氮作用,根部积累有机物质可以培肥地力。因此,在坡度较低的坡耕地上,通过粮食作物与牧草间作,发展畜牧业,既能增加土壤有机物质的积累,又有助于农牧业的平衡发展,形成一个良性循环。粮草间作可以在保证农民生活用粮或者粮食不减产的情况下,增收一部分牧草效益<sup>[6]</sup>,为畜牧业发展提供优质高蛋白纤维饲料。如王索柱等<sup>[27]</sup>在齐齐哈尔市所属各县进行了粮草间作、养地养畜的试验,粮草间作平均 2 011 m<sup>2</sup> 地所产玉米秸秆和草木樨可以喂养 1 头成年奶牛,同时产奶量可提高 5%~8%;草木樨后茬可培肥地力,使粮食增产 15%~20%。杜欣等<sup>[32]</sup>研究燕麦与苜蓿混间条播模式对产量和品质的影响,发现在燕麦乳熟期进行刈割,所有处理中 T1(燕麦与苜蓿 3:1 间条播)的干草产量为 457 g·m<sup>-2</sup>,粗蛋白产量为 38.44 g·m<sup>-2</sup>,分别比单播燕麦增产 10.0% 和 8.6%。

## 3 问题及展望

坡耕地粮草带状间作虽然可以防止水土流失,提高土壤有机质含量,有利于畜牧业发展的优势,但粮草间作在大量的坡耕地上仍然不能被广泛应用,有很多还处于研究过程中,其主要原因:一是研究和推广的面积还不够,农民对粮草间作种地养地的意识还没有,需要科研工作者进行推广和示范,提高农民的种地养地的意识;二是由于

坡耕地粮草间作无法进行机械化作业,增加劳动成本,研究坡耕地粮草间作模式相配套的机械化作业,仍然是科学工作者面临的主要难题;三是要想大面积机械化作业,还需要加快土地的流转,使土地大面积集中经营管理,有利于机械大面积作业,有利于加快粮草间作模式的大面积推广。

随着我国今后种植业结构调整,在坡耕地上大量种植牧草,通过养殖和畜牧业的发展,研究禽畜粪便综合利用技术,培肥地力,发展生态农业,为农村经济的可持续发展提供技术支持。

## 参考文献:

- [1] 苏广实,陈健飞.我国坡地资源利用生态环境效应的研究现状综述[J].热带地理,2007,27(4):306-310.
- [2] 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,1988,13(2):20-25.
- [3] 付会芳.黄土高原水土流失及其防治措施[J].水土保持研究,1997,1(4):161-165.
- [4] 胡建民,胡欣,左长清,等.红壤坡地坡改梯水土保持效应分析[J].水土保持研究,2005,8(4):271-273.
- [5] 崔孟琛,宋秀清.坡耕地水平沟粮草间作效益的研究[J].河北农业科学,1994(2):19-22.
- [6] 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].生态农业科学,2008,24(10):482-486.
- [7] 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.
- [8] Alegre J C, Rao M R. Soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru. [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 1996, 57(1):17-25.
- [9] Bloodworth H, Lane M. Covers and conservation tillage for sweet-potato[J]. Journal of Soil and Water conservation, 1996, 51(6):365-371.
- [10] 王建,尹武君,刘旦旦.玉米苜蓿间作对黄土坡耕地降雨产流产沙的影响[J].节水灌溉,2011(8):43-46.
- [11] 成婧,吴发启,路培,等.玉米苜蓿间作的蓄水保土效益试验研究[J].水土保持研究,2012,19(3):54-57.
- [12] 云峰,王建,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.
- [13] 张桂国,董树亨,杨在宾.苜蓿+玉米间作系统产量表现及其种间竞争力的评定[J].草业学报,2011,20(1):22-30.
- [14] 朱青,陈正刚,李剑,等.贵州坡耕地三种种植模式的水土保持效果对比研究[J].水土保持研究,2012,19(4):21-25.
- [15] 刘景辉,曾昭海,焦立新,等.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.
- [16] 路海东.坡地粮草带状间作模式的水土保持效果与作物的生理生态效应[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [17] 王生鑫,王立,黄高宝,等.粮草豆隔带种植保护性耕作对坡耕地土壤水蚀的影响[J].水土保持学报,2010,24(4):40-43.
- [18] 郭居平.坡耕地粮草间作及效益[J].中国水土保持,1989(11):17-18.

[19] 王宁. 玉米间种草木樨肥田养畜试验[J]. 草与畜杂志, 1989(3):11-14.

[20] 宿庆瑞. 东北玉米主产区玉米, 草木樨间种轮作农牧结合综合效益的研究[J]. 中国草地学报, 1998(4):17-20.

[21] 叶莉, 裴立斌, 刘春静, 等. 玉米与草木樨间作的推广试验研究[J]. 草原与草坪, 2004(3):60-62.

[22] 杨世琦, 邢磊, 刘宏元, 等. 松干流域不同种植模式对坡耕地土壤氮磷流失的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2018, 46(3):1-9.

[23] 刘洋, 孙占祥, 白伟, 等. 辽西不同玉米/沙打旺间作模式的土壤水分和产量效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(6):148-152.

[24] 徐炳成, 山仑. 无芒雀麦单播和与沙打旺带状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.

[25] 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.

[26] 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.

[27] 王索柱. 粮草间作养地养畜[J]. 当代畜牧, 2002, 10(1):31-32.

[28] 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.

[29] 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):22-25.

[30] 朱志明, 徐玉鹏, 闫旭冬. 北方农区苜蓿、小麦+玉米青贮生产模式的效益分析[J]. 草业科学, 2001, 18(4):14-17.

[31] 徐艳, 张凤荣, 汪景宽, 等. 20 年来我国潮土区与黑土区土壤有机质变化的对比研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(2):102-105.

[32] 杜欣, 张越利, 杨云贵. 燕麦与苜蓿混间条播模式对产量和品质的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(9):146-149.

# Research Progress on Intercropping of Grain and Grass in Sloping Arable Land in China

WANG Hong-mei<sup>1</sup>, CHENG Yan-bin<sup>2</sup>, ZHOU Zhi-jun<sup>1</sup>

(1. Forestry Research Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150081, China; 2. Inner Mongolia State Hailar Farms Group Co. Ltd, Hulunbeier 021008, China)

**Abstract:** With the change of farming system and strategic adjustment of agricultural structure in China, grain and grass intercropping plays an increasingly important role in sloping fields. In order to develop ecological agriculture and promote the sustainable development of rural economy. The main cultivation patterns and ecological social and economic benefits of grain and grass intercropping in different ecological areas of sloping cultivated land in China were summarized, and the main problems and development prospects of the intercropping between grain and grass in sloping cultivated land were prospected.

**Keywords:** sloping arable lands; forage intercropping; problem; prospect

## 《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位	代表	理事单位	代表
黑龙江省农业科学院	院长 李文华	黑龙江生物科技职业学院	院长 李承林
副理事长单位	代表	宁安县农业委员会	主任 曾令鑫
黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所	所长 潘国君	农垦科研育种中心哈尔滨科研所	所长 姚希勤
黑龙江省农业科学院五常水稻研究所	所长 张广柱	黑龙江农业职业技术学院	院长 李东阳
黑龙江省农业科学院克山分院	院长 邵立刚	黑龙江职业学院	院长 赵继会
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长 张立军	鹤岗市农业科学研究所	所长 姜洪伟
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长 陈维元	伊春市农业技术推广中心	主任 张含生
黑龙江省农业科学院牡丹江分院	院长 张太忠	甘南县向日葵研究所	所长 孙为民
黑龙江农业经济职业学院	院长 张季中	萝北县农业科学研究所	所长 张海军
中储粮北方农业开发有限责任公司	总经理 戴传雄	齐齐哈尔市新种业有限责任公司	总经理 陈自新
常务理事单位	代表	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长 解保胜
勃利县广视种业有限责任公司	总经理 邓宗环	黑龙江八一农垦大学农学院	院长 杨克军
黑龙江垦丰种业有限公司	总经理 刘显辉	绥化市北林区农业技术推广中心	主任 张树春
内蒙古丰垦种业有限责任公司	董事长 徐万陶	黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校	校长助理 张北成