

宁夏中部干旱带草地生态农业体系建设研究

马红彬^{1,2}, 谢应忠^{1,2}

(1. 宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 针对宁夏中部干旱带生态系统脆弱和农业生产低而不稳的现状, 开展了“土地—植物—动物—社会产品”四位一体的草地生态农业生产模式研究。结果表明, 改良退化天然草地、实施草地科学放牧、优化植物生产系统种植结构、发展节水高效农业、建立草畜转化与优化饲养体系等措施可实现生态和农业的协调发展。建立和发展草地生态农业体系是宁夏中部干旱带农牧业生产持续发展的有效途径。

关键词: 草地生态农业; 农业体系建设; 农牧交错区; 宁夏中部干旱带

中图分类号: S181.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)02-0180-05

宁夏中部干旱带位于宁夏六盘山地以北, 黄河灌区以南, 降水量 300 mm 左右的干旱区, 其地理坐标在北纬 35°14′~37°23′, 东经 104°17′~107°39′之间, 行政区域包括宁夏盐池、同心、红寺堡等 10 个县(区)91 个乡镇, 占宁夏全区土地总面积和草原面积的 52% 和 63%^[1]。宁夏中部干旱带具有干旱半干旱农牧交错地区典型的生态和生产特征, 干旱少雨, 生态系统脆弱, 农业生产低而不稳一直是该区发展的主要制约因素。如何控制干旱半干旱农牧交错区生态环境退化进程, 优化农牧业生产系统结构, 提高生态农业系统生产效能一直是相关研究者和决策者极为关注的问题^[2~8]。因此, 在宁夏中部干旱带, 将生态环境改善、农牧业生产体系优化与区域协调发展紧密结合, 建立和发展资源合理利用、农牧业生产协调发展、具有与区域自然生态环境脆弱相抗衡功能的草地生态农业生产体系, 对该区农牧业生产及国民经济的持续发展具有重要的理论和实践意义。

1 研究地区概况

1.1 自然生态环境

研究地区位于宁夏盐池县四墩子行政村。地处毛乌素沙漠西南缘, 为黄土高原向鄂尔多斯台地过渡地带。海拔高度为 1 380~1 600 m, 年平均气温 7.7℃, 一月份平均气温 -8.9℃, 7 月份平均气温 22.5℃、绝对最高和最低气温分别为 38.1℃和 -29.6℃, ≥0℃的年积温为 3 430.3℃, ≥10℃年积温为 2 949.9℃, 年日照时数 2 867.9 h, 日照率 65%。年均降水量为 289.4 mm, 7~9 月份的降雨量约占全年降雨量的 60%~70%, 年蒸发量 2 131.8

mm, 年无霜期 162 d 左右(绝对无霜期为 120 d)。地貌为缓坡丘陵, 地带性土壤为灰钙土和风沙土, 质地为沙壤和粉沙壤, 耕作土壤有机质含量在 0.5%~0.8%之间, 地带性植被为荒漠草原。

1.2 社会经济状况

2008 年四墩子村总土地面积为 7 930 hm², 其中灌溉农田 708 hm², 占总土地面积的 8.9%; 温室 14 hm², 占总土地面积的 1.8%; 天然草地 5 800 hm², 占总土地面积的 73%; 人工草地 115 hm², 占总土地面积的 1.45%; 林地 1 293 hm² (其中固沙林和饲料灌木林占 85%), 林木覆盖率为 16.3%。2008 年全村饲养滩羊 9 200 只, 全村经济纯收入 644.5 万元, 人均纯收入 3 005 元, 其中养殖业收入占总收入的 46%。

可见, 研究区自然环境与生产方式均具有明显的过渡性特征, 气候由干旱向半干旱过渡, 植被由典型草原向荒漠草原过渡, 生产方式由农业向畜牧业过渡, 在西北地区极具代表性。

2 研究内容和方法

2.1 研究内容

围绕“土地—植物—动物—社会产品”四位一体的草地生态农业体系建设^[9], 紧密结合试验区生态环境保护与产业发展的客观需要, 重点开展了以下内容的研究: (1) 以天然草地生态保育为核心的草地利用与管理研究; (2) 以水土资源高效利用为核心的植物生产系统优化研究; (3) 以滩羊产业化养殖为核心的草畜转化与优化饲养体系研究。

收稿日期: 2010-10-13

基金项目: 宁夏科技攻关计划项目(2006); 宁夏国际合作项目(2009); 人事部留学人员择优重大项目(2007)

作者简介: 马红彬(1975—), 男, 宁夏同心人, 副教授, 博士, 主要从事草地生态与资源环境方面的研究。E-mail: ma_hb@nxu.edu.cn。

2.2 研究方法

应用草地生态农业系统工程理论与方法,结合研究内容,主要采取了以下方法:(1) 对系统内重要的生产和生态因子进行整体分析,调控各组分间物质和能量的相互关系,对系统整体功能进行调整与优化;(2) 进行退化天然草地封育和补播改良,降低天然草地载畜率,建立草地合理利用技术体系,实现生态保护和畜牧的协调发展;(3) 以水土资源高效利用为核心,对植物生产系统种植结构进行调整,增加优质豆科牧草和饲料作物种植比例,因地制宜发展节水高效农业;(4) 实行科学放牧和舍饲的有机耦合,建立滩羊科学饲养体系,提高羊只生产性能和养殖经济效益;(5) 将研究过程与生产过程相结合,接受生产检验,直接从生产实践中获得信息反馈,并作为系统进一步优化的依据,持续推进系统良性发展;(6) 将草地生态农业体系建设与农业产业化过程紧密联系,不断扩大示范辐射范围,引领区域生态建设和农业产业化进程。

3 结果与分析

3.1 草原保护与合理利用

3.1.1 草原封育和补播改良体系的建立 试验区拥有天然草地 5 800 hm², 占总土地面积的 73%, 但长期的超载过牧导致天然草地退化严重。因此, 天然草地的改良、保护与生产力恢复是一个关键的环节。在本项研究中, 借助退牧还草工程, 通过实施围栏封育, 补播改良, 使风沙侵蚀得到有效控制, 植被恢复过程明显加快。截止目前, 试验区天然草地已全部架设了围栏, 封育后植被盖度增加了 30% 左右(表 1), 优良牧草产量提高了 194%, 毒害草比例显著下降。在此基础上, 在每年的封育草地上补播以沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、牛枝子(*Lespedeza potaninii*)为主的优良牧草。项目实施期间累计改良天然草地 3 000 hm², 产草量提高了 1.2~1.7 倍, 载牧量提高 2~3.8 倍, 使草原生态环境大为改善, 也为草原合理利用方案的实施奠定了物质基础。

表 1 试验区草原改良效果

Table 1 The improved effects of the natural grassland in experimental area

措施 Measure	盖度 (%) Coverage	高度 (cm) Height	密度 (株/m ²) Density	可食牧草数 (株 plant/m ²) Edible forage number	牧草总产量 (kg/hm ²) Gross forage Output	优良牧草产量 (kg/hm ²) Fine forage Output	载牧量 (只/hm ²) Carrying capacity
未封育 Non-enclosure	48	3~26	131	56	1689	844	0.46
封育 Enclosure	75	4~32	165	72	3820	2483	1.36
补播 Overseeding	87	4~96	86	63	4653	4069	2.23

3.1.2 草原合理利用技术的研究和推广 在封育改良的基础上,进行了放牧强度和放牧方式的试验研究。放牧强度试验面积 40 hm²,分六个区,每区面积 6.67 hm²。分别设 0 只/hm²(CK)、0.450 只/hm²、0.600 只/hm²、0.750 只/hm²、1.050 只/hm²、1.500 只/hm² 6 个放牧强度,通过 2 年的试验研究发现在 0.45 只/hm² 的放牧强度下草地盖度、植被现存量最大,表 2。当采食率超过 50% 时,会引起本区草原的退化。放牧强度轻时滩羊日增重峰值较高,持续时间较长,但总的畜产品数量在放牧强度 0.750 只/hm² 最高,当超过此强度时,滩羊出现了空怀、产羔率降低和推迟怀孕的现象。从生态和经济综合考虑,该荒漠地区适宜的放牧强度以 0.45 只/hm² 为宜,适宜的草地利用率在 36.15%~13.29% 之间。

在确定了适宜放牧强度后,进行了放牧方式试验。放牧方式试验示范面积 160 hm²,分为 4 个大区,每区 40 hm²,分别设自由放牧、二区轮牧、四区轮牧和六区轮牧 4 个处理。通过 2 年试验发现,在适

宜放牧强度下(0.45 只/hm²),四区轮牧和六区轮牧草原植被和滩羊生产性能显著高于自由放牧和二区轮牧,而四区和六区之间无显著差异,表 3。在四区轮牧基础上的进一步试验研究表明,天然草地在放牧季节内应按牧草生长情况和利用率加以调控,平均每区放牧天数以 14 d 为宜,放牧周期为 42 d,轮牧频率为 4。每年保证有一个区进行封育改良。

通过 3 年的四区轮封轮牧试验推广,试区半沙化草地得到有效控制;可食牧草产量提高 60.5%,毒草产量下降 42.8%;沙芦草(*Agropyron mongolicum*)、牛枝子(*Lespedeza davurica*)等优良牧草的高度、盖度、频度和密度均高于对照组 25% 以上;轮牧羊只平均体重高于对照组 5.4 kg;试验羊群适龄母羊繁殖率为 120%,比对照组提高 31.1%。并有 36.7% 的后备母羊当年产羔;百亩草地生产力轮牧区为 217.3 个畜产品单位,对照区为 189.7 个畜产品单位,增加了 14.6%,实现了生态效益与经济效益的有机结合。因此,加快天然草地改良,积极推行

轮封轮牧制度,是实现天然草地可持续利用的有效途径。

表 2 不同放牧强度下草地植被和试验羊只特征

Table 2 The characteristics of vegetation and Tan sheep in different grazing intensities

放牧强度 (只/hm ²) Grazing density	植被盖度 (%) Coverage	现存量 (g/m ²) Standing biomass	采食率 (%) Intake rate	滩羊增重 (kg/(日·只)) Weight gain	畜产品单位 (个/hm ²) Animal products unit	空怀率 (%) No pregnant rate	产羔率 (%) Lambing rate	羔羊平均 初生重(kg) Average birth weight
CK	35.76 _b	20.33 _a	—	—	—	—	—	—
0.45	43.23 _a	21.45 _a	13.29 _e	0.11 _a	12.6 _{ab}	0 _c	100 _a	4.6
0.60	40.33 _a	19.76 _{ab}	22.19 _d	0.08 _{ab}	12.9 _{ab}	0 _c	100 _a	5.0
0.75	32.15 _{bc}	18.34 _b	36.15 _c	0.08 _{ab}	13.2 _a	0 _c	100 _a	4.6
1.05	28.17 _c	15.23 _{bc}	55.77 _b	0.07 _b	11.7 _b	14.3 _b	57.1 _b	4.3
1.50	23.21 _c	12.02 _c	72.26 _a	0.05 _c	9.8 _c	30.2 _a	40.7 _b	4.6

注:同列数字肩注不同字母者为差异显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$),下同。
Notes: Different letters in the same column indicate significance of difference at 0.05 * level or at 0.01 * * level. They are the same in the follows.

表 3 不同放牧方式下草地植被和试验羊只特征

Table 3 The characteristics of vegetation and Tan sheep in different grazing ways

放牧方式 Grazing way	地上生物量(g/m ²) Above-ground biomass	盖度 (%) Coverage	地下生物量(g/m ²) Under-ground biomass	母羊繁殖率(%) Reproductive rate	滩羊增重 (kg/(日·只)) Weight gain
UG	35.49 _b	48.3 _b	4.82 _b	88.9 _b	0.11
TRG	33.96 _b	50.3 _{ab}	4.01 _b	93.7 _b	0.11
FRG	40.11 _a	53.0 _{ab}	6.25 _a	120.4 _a	0.13
SRG	42.83 _a	54.1 _a	6.98 _a	122.6 _a	0.13

注:UG 为自由放牧,TRG 为二区轮牧,FRG 为四区轮牧,SRG 为六区轮牧
Notes: UG: Uncontrolled grazing, TRG: Rotational grazing in two subdistricts, FRG: Rotational grazing in four subdistricts, SRG: Rotational grazing in six subdistrict.

3.2 水资源高效利用和植物生产系统种植结构优化

发展草地农业,就是要改变传统的以粮食为主的谷物生产系统,建立农牧结合的以粮食、饲料和经济作物为主的三元生产结构,使土地资源,生物资源和气候资源得到合理利用,形成协调高效,可持续发展的生态农业系统。在四墩子试区,重点开展了以田间节水灌溉和提高作物水分生产率为核心的种植业结构优化研究和推广,使节水高效农业在试区取得极大的经济效益(表 4)。

3.2.1 水资源的有效利用 试验区地处荒漠草原区域,气候干旱,但局部丘间盆地地下水埋藏较浅,可发展井灌高效农业。因此,四墩子草地生态农业实质上是由绿洲子系统和荒漠草原子系统组成的耦合系统,其绿洲子系统处于核心地位,水是推动整个系统良性循环的动力源。所以,提高灌溉系数,使有限的地下水得到有效的利用,是该草地农业生态系统高效运行的关键。

- 1) 输配水技术的推广应用
- ① 井灌区推广以低压管道输水为主的节水措施。继“九五”以来,先后对城西移民区、四墩子自然

村的 300 多座日光温棚的 3 眼机井全部铺设了低压管道,并在部分温棚实行了滴灌,累计完成了 347 hm² 的低压管道的铺设任务,使试区推广低压管道面积占井灌水地总面积的 96%。经调查渠系水的利用率由过去的 40% 提高到 98%,每公顷节水 2 250 m³,节能 1 500 kW·h,且每 6.67 hm² 扩地 0.41 hm²,节约工时费 120 元以上,为试区农民增收 43 万元,使单井的扩灌面积提高了一倍以上。② 扬黄灌区推行 U 形渠道衬砌技术。“十一五”期间,在城西滩扬黄灌区先后开发利用。截止目前试区所在的一分支渠累计开发面积达 378.7 hm²,并对农渠以上渠道全部实行 U 形渠道预制板的衬砌,使试区扬黄渠道衬砌率达 100%,渠系水的利用率由 40% 提高到 80% 以上,节水 68 万 m³。

- 2) 田间节水技术的推广
- 通过推广小畦灌、沟灌技术,使节水效果达到 20%~30%。膜上灌在试区经济作物中推广的节水效果达到 40%~50%,省工超过 30%,增产效果达到 15% 以上。

表 4 试区发展节水高效农业规模及效益

Table 4 The scale and benefit of the water-saving high-efficiency agriculture in experimental area

措施 Measure	推广面积 (hm ²) Area of extension	年增收 (万元) Increase per year	增产 Increasing production		省水 Saving water		省工 Saving labor	
			元/hm ² yuan/hm ²	金额 (万元) Money amount	m ³ /hm ²	金额 (万元) Money amount	元/hm ² yuan/hm ²	金额 (万元) Money amount
低压管道输水 Low pressure pipe irrigation	346.7	19.8	—	—	2250.0	15.6	120.0	4.2
渠道衬砌 Canal lining	378.7	18.1	—	—	1800.0	13.6	120.0	4.5
沟灌及畦田灌 Furrow and ridge irrigation	712.0	76.9	750.0	53.4	750.0	10.7	180.0	12.8
膜上灌 Irrigation through membrane	84.0	11.6	900.0	7.6	1200.0	2.0	240.0	2.0
作物结构调整 Adjustment of crop structure	500.0	112.5	1800.0	90.0	750.0	7.5	300.0	15.0
推广优良品种 Extending fine varieties	490.0	36.8	750.0	36.8	—	—	—	—
立体复合种植 Three-dimensional composite cultivation	33.3	6.5	1950.0	6.5	—	—	—	—
日光温棚 Green house	200(座)	16.0	12000.0	16.0	—	—	—	—
合计 Total	2544.7	298.2	—	210.3	—	49.4	—	38.5

3.2.2 选育抗旱品种,提高间、套、复种水平,增加生物节水效果 先后对 20 多个玉米品种进行对比试验,从中筛选耐旱优质高产的饲用玉米及粮饲兼用玉米,经试验示范登海系列及掖单等玉米品种丰产效果较好,产量 600 kg/667m² 以上,并在试区大面积推广,累计推广面积超过 0.13 万 hm²,增产超过 10%,使农民增收约 100 万元。在井灌区及扬黄灌区积极推广麦套玉米及复种胡萝卜,麦套葵花,西瓜复种豆子等立体复合种植,有效地提高了光能利用率和水分利用效率;试区 80% 以上的井灌小麦、瓜类、胡麻进行套种和复种,使单种小麦亩产值由 500 元变为 800 元以上;西瓜套种豆子由单种西瓜亩产值 1 000 元提高到 1 100 元以上。试验期间累计推广立体复合种植面积 33 hm²,使农民增收 10 多万元。

3.2.3 调整种植结构,增加饲料作物,适当发展经济作物 以直接反映社会基本运营单位的“家庭”作为研究对象,以能保持最佳生态条件下获得家庭最好经济效益为目标进行了草地农业生产结构优化模式的研究。结果发现,在半农半牧区,在现有生产,资源,市场条件下,家庭最佳发展模式有两种:① 有人工草地种植条件的家庭是以人工草地种植为纽带,水田以种植饲料作物为方向大力发展养羊,栈羊及适度发展育肥猪及种猪项目;② 在难于发展人工草地的家庭里,以发展经济作物种植为主,同时兼营小规模养殖业。 鉴此,种植业结构调整中采取了“三

压三扩”的措施,即:压夏扩秋,压粮扩饲和压粮扩经。在扬黄灌区大力推行以紫花苜蓿、饲料玉米为主的饲料作物,通过调整种植结构来提高作物水分生产率;在井灌区适当发展劳动力、资金、技术密集型的设施农业以及大田瓜果,蔬菜种植,以提高作物水分利用率。通过推广,试区井灌水地粮经饲种植比例由过去 4:3:3 调整为 1:1.6:7.4,使灌区 27% 以上耕地种植多年生优质豆科牧草,70% 以上耕地种植饲料作物,节水 38 万 m³ 以上,亩均增收 200 元以上,农民增收 210 万元以上。目前,整个试区的种植业结构中:粮食作物、经济作物、牧草和饲料作物的比例为 1:2:3。

3.3 以滩羊产业化养殖为核心建立草畜转化与优化饲养体系

针对天然草地实行科学放牧后大量超载羊只需要科学饲养的问题,将滩羊饲养逐渐由分户饲养向规模化产业化养殖发展,先后建设了 2 个滩羊养殖场进行草畜转化与优化饲养体系研究。主要开展了:① 实施一年两产的饲养技术规程和利用外源激素提高滩羊的繁殖率;② 探讨科学放牧和舍饲的有机耦合,通过科学饲料配方和高效短期育肥技术提高滩羊的产肉性能;③ 进行种公羊的对调和投放,提高二毛裘皮等级;④ 推行“三高一快”(总增高、质量高、商品率高、周转快)季节畜牧业技术,提高出栏率,增加经济效益。

通过反复试验,从滩羊育肥、繁殖率提高等方面

总结了一套行之有效的滩羊饲养体系。试验农户羊只实现一年两产,利用外源激素使滩羊的繁殖率由 2005 年的 142.5% 提高到 2008 年的 200%~220%。滩羊羔羊最大效益育肥天数在 45~50 d 之间,每只羔羊赢利 50~70 元,每年可周转 4 次,纯利润 200~280 元,是 2005 年的 1.18 倍。试验期间,滩羊育肥羊效益是 2005 年的 1.35 倍,每只可增收 110 元,滩羊的出栏率始终保持在 62% 以上,比盐池全县羊只出栏率提高 20 个百分点。

4 结 论

1) 宁夏中部干旱带地处干旱半干旱地区,生态环境十分脆弱,通过实施草原封育改良和科学利用,不仅使草原生态环境得到了明显改善,而且使放牧家畜生产性能增加,实现了生态和畜牧的协调发展。

2) 以实现“三元种植结构”和用地养地为目的,通过实施种植业结构优化调整,增加优质豆科牧草和饲料作物种植比例,发展节水高效农业,使试区土地资源,生物资源和气候资源得到合理利用,增加了系统的弹性,解决了草原禁牧和科学利用后舍饲养殖饲料短缺问题,实现了农牧两区之间的横向耦合。

3) 通过建立滩羊科学饲养体系,实现了滩羊繁殖率、育肥增重等生产性能和舍饲经济效益的提高,使滩羊真正起到了高效“转化器”的作用,实现了草地农业内部生产层的纵向耦合。

4) 通过把天然草地和扬黄灌区作为一个整体研究,并以绿洲子系统(扬黄灌区)为核心和纽带,以“土地—植物—动物—社会产品”为主干,应用草地农业系统理论,经过多年试验示范,使四墩子试区农

业生产效益农民收入逐步提高,生态环境显著改善。1999 年四墩子试区农业生产总值为 696 万元,2004 年达到 1 063 万元,比 1999 年提高 52.7%,2008 年农业生产总值达 1 472 万元,比 2004 年提高 38.5%。人均纯收入 2000 年为 2 056 元,2004 年为 2 806 元,2008 年为 3 005 元,农民生活已进入小康。通过项目实施,先后封育草原 4 400 hm^2 ,植被盖度和牧草产量分别增加 30% 和 194%,补播改良草地 3000 hm^2 ,产草量提高了 1.2~1.7 倍,沙化草原由以前的 544 hm^2 下降到目前的 140 hm^2 。可见,在半干旱农牧交错区,建立草地生态农业体系是农牧业生产良性循环、持续发展的有效途径。

参 考 文 献:

- [1] 王 宁,马红彬.宁夏中部干旱带生态建设与农业开发的结合点是发展草地农业[J].宁夏农学院学报,2003,24(4):18—21.
- [2] 胡兵辉,袁 泉,海江波,等.毛乌素沙地农业生态系统优化模式研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):212—218.
- [3] 段文彬,闫颖慧.宁夏红寺堡移民开发区农林牧结合型农业发展模式研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):171—176.
- [4] 谢应忠.宁夏南部黄土丘陵区生态农业模式研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(3):1—5.
- [5] 桂林国,王世荣,赵天成.关于红寺堡新绿洲可持续发展战略的思考[J].水土保持通报,2002,22(6):68—70.
- [6] 赵晓磊,马 礼.农牧交错带农业产业结构的灰色关联度分析[J].农业系统科学与综合研究,2006,22(4):252—255.
- [7] Xie Y Z. Biomass and grazing potential of Stipa loess steppes in Ningxia (northern China) in relation to grazing intensity[J]. Journal of Applied Botany and Food Quality, 2007, 81: 15—20.
- [8] 彭文栋,王 峰,杨晓龙,等.盐池县草地生态农业发展存在的问题和解决对策[J].黑龙江畜牧兽医,2010,(5):96—98.
- [9] 任继周.草地农业生态系统通论[M].合肥:安徽教育出版社,2004.

Studies on construction of grassland agro-ecosystem in the drought region of middle Ningxia

MA Hong-bin^{1,2}, XIE Ying-zhong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystem in Northwest China, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China; 2. Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: Based on fragile ecosystem, low and unstable agricultural productivity in the arid region of middle Ningxia, the production pattern of grassland agro-ecosystem was studied, and the pattern included “land-plant-animal-social product” and was named “Four-in-One” grassland agro-ecosystem. The results showed that improving the degenerated natural grassland, grazing animals scientifically in grassland, optimizing crop structure, developing water-saving and high-efficiency agriculture, building a conversion system from grass product to animal product and establishing optimized raising system could realize the corresponded development between ecosystem and agriculture. It was an effective approach to get sustainable development of farming—pastoral production to build a sound grassland agro-ecosystem in the arid region of middle Ningxia.

Keywords: grassland agro-ecosystem; construction of agricultural system; farming—pastoral region; arid region of middle Ningxia