

农牧交错带(武川县)生态系统功能的变化

潘志华¹ 安萍莉¹ 刘亚玲¹ 郑大玮¹ 妥德宝²

(1. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100094; 2. 内蒙古农业科学院,呼和浩特 010031)

摘要 随着北方农牧交错带生态系统结构的退化,生态系统的功能相应退化。以内蒙古武川县为例研究表明:1949—1995年间,粮食单产与农作物光能利用率一直维持在 $730\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 0.08% 的较低水平,天然牧草产量及其光能利用率则不断下降,分别由 $825\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 0.05% 下降到 $375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 0.02% ,农田养分输出大于输入,生态系统趋于退化。1996年后这种状况有所缓解,粮食产量、农作物光能利用率转向上升,农田养分输入转向大于输出,农田生态系统开始得到恢复,但天然牧草的情况仍不容乐观。

关键词 农牧交错带;生态系统功能;生态退化

中图分类号 X171.4;X37

文章编号 1007-4333(2004)01-0037-04

文献标识码 A

Change of eco-systematical function in northern ecotone: A case study in Wuchuan

Pan Zhihua¹, An Pingli¹, Liu Yaling¹, Zheng Dawei¹, Tuo Debao²

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Inner-Mongolia Academy of Agricultural Sciences, Huhhot 010031, China)

Abstract The function of the ecosystem had been degraded as the structure of the ecosystem became simplified. A case study in Wuchuan shows that from 1949 to 1995 the yield and the light energy utilization of the crop was at a lower level about $730\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and 0.08% , and that of the pasture decreased from $825\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and 0.05% to $375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and 0.02% , and the cropland ecosystem degraded before 1995 as indicated by that the output of the nutrient exceeded the input of the nutrient. After 1996, the yield and the light energy utilization of the crop began to increase, and the cropland ecosystem began to be improved because increase in input of the nutrient.

Key words the northern ecotone; function of ecosystem; ecological degradation

本研究为文献[1]基础上的继续研究。北方农牧交错带生态系统的结构退化导致系统功能相应减退,直接影响到农牧交错带生态系统的生存与发展。进行农牧交错带生态系统功能变化研究对生态系统结构调整具有重要意义。

系统的功能是指系统与外界环境相互联系和相互作用过程的秩序和能力,它体现了一般系统与外部环境之间的物质、能量交换与信息的输入、输出关系。生态系统的功能则特指以生物为基础的生态系统在与环境条件相互联系、相互作用的能动过程中

物质生产与循环、能量流动、信息传递的能力。一般地讲,生态系统的功能包括生物生产、物质循环、能量流动等方面,前人对其研究主要集中在土地承载力或土地生产力^[2~4]的综合研究。笔者从生物生产、物质循环、能量流动等方面对生态系统功能的动态变化进行了系统研究。

1 生物生产

1.1 粮食产量与草场产草量

从人类可食用的角度看,生态系统的植物性生

收稿日期:2003-09-03

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30270269);国家“十五”科技攻关课题资助项目(2001BA508B12);国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000018606);国家高技术研究发展计划资助项目(2002AA2Z4221)

作者简介:潘志华,博士,副教授,主要从事全球变化与区域发展、生态恢复与重建研究。

产主要包括粮油果菜生产与饲草(料)生产两方面。由于自然条件的限制,农牧交错带的农业生产结构逐步演变为以粮食作物生产为主,近些年来开始适当增加了饲草(料)和经济作物的生产。粮食产量是表征该区域植物生产力的主要指标,草场产草量是表征饲草生产的主要指标。

由图1可知,1949年后武川县粮食生产波动幅度较大,1995年前粮食单产一直徘徊在 $730\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的水平,直至1996年才突破了 $1\,500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

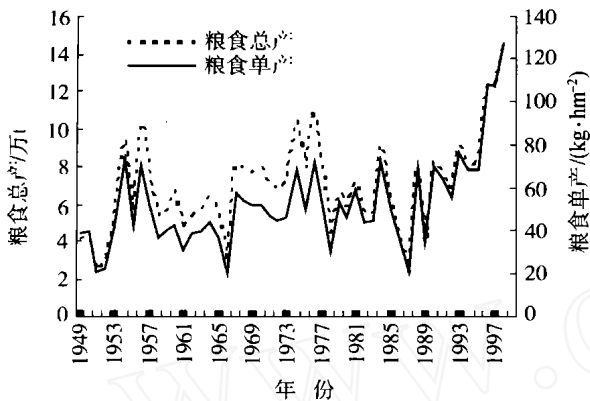


图1 武川县历年粮食总产与单产变化情况

Fig. 1 Trend of change of annual grain yield in Wuchuan

1949—1959年间武川县平均每年人均粮食拥有量近 670 kg ,最高的2个丰水年超过了 $1\,000\text{ kg}$,曾经是重要的商品粮产区;但此后粮食产量不断下降,1987年曾一度降至 140 kg ,20世纪90年代后有大幅度的回升(图2)。

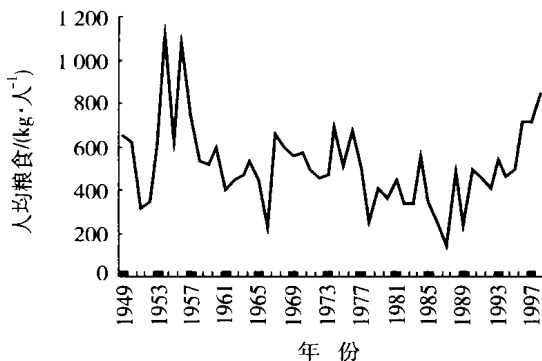


图2 武川县历年人均粮食拥有量变化情况

Fig. 2 Trend of change of annual per capita grain since 1949 in Wuchuan

饲草(料)生产包括两部分,一部分是天然草场和人工草场的牧草产量(包括人工种植的牧草),另一部分是人工种植的其他饲料作物,包括饲用玉米、

甜菜及农作物的副产品。历史上,武川县天然产草量平均每 hm^2 达 $750\sim 900\text{ kg}$ 干草,一般 1 hm^2 即可养一只羊。1949年后,自然草场的载畜量不断增加(图3),使草场的自然生长受到了巨大的压力与阻碍,牧草产量不断下降。目前,天然草场的产草量只有 $300\sim 450\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。而牧草生长较少受到牲畜干扰的地区,产草量比天然草区要高,干草产量能达到 $750\sim 900\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,基本维持在历史水平。人工种植牧草区的产量则更高,1999年严重干旱,在试验区种植的黑麦草干草产量仍达到 $4\,290\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

1.2 动物性生产

畜产品产量一定程度上反映了该区域内家畜等动物转化植物性产品的能力。从图3可知,1949年以来武川县家畜饲养数量不断增加,这其中主要是羊的数量增加的结果。畜产品产量也随之增加,武川县1949年肉类总产只有 575 t ,1998年达到 $7\,298\text{ t}$,是前者的12.7倍。

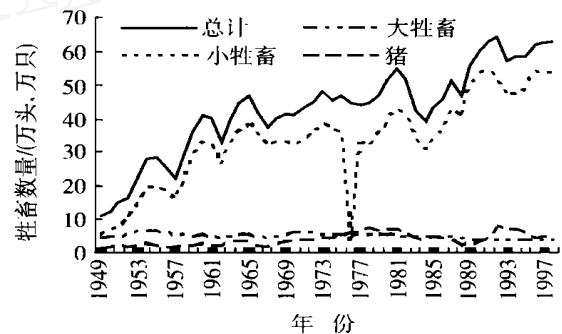


图3 武川县历年畜种结构及其变化

Fig. 3 Trend of change of annual livestock number since 1949 in Wuchuan

2 能量流动

流入生态系统的能量包括太阳能和人工辅助能两部分。由于人工辅助能的计算较为复杂,还没有较好的折算标准^[5]。

在农牧交错带,太阳辐射能及光合有效辐射都较为丰富。如武川县的年太阳辐射能为 $5.73\times 10^9\text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$,其中4~9月份为 $3.68\times 10^9\text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$,占全年的64.2%;光合有效辐射为 $2.81\times 10^9\text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$,占全年光合有效辐射的64.2%。据简单计算,武川县1949年后粮食作物光能利用率(计算方法见文献[6])变化情况见图4。可以发现,武川县粮食作物光能利用率非常低,1949年只有0.06%。随着品种

的不断改良和物质投入的不断增加,光能利用率有了显著提高,1998 年达到 0.20%。

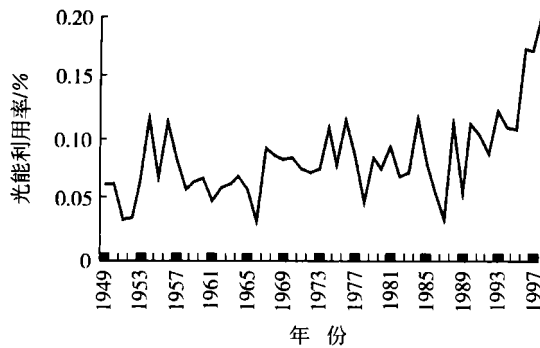


图 4 建国后武川县粮食作物光能利用率及其变化
Fig. 4 Trend of change of light-energy utilization of grain crops since liberation in Wuchuan

20 世纪 50 年代初,天然草地产草量约在 $750 \sim 900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,若以 $825 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 计,则光能利用率约为 0.05%;目前,天然草场的产草量已下降到 $300 \sim 450 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,以 375 kg 计算,光能利用率仅有 0.02%。人工草场的光能利用率明显要高出天然草场。以试验区 1998 年种植的黑麦草计算,光能利用率为 0.27%,超过了当地农作物光能利用率的平均水平。

表 1 武川县农田水分供需状况与水分利用效率

Table 1 Water balance of supply and demand and water-use efficiency in farmland in Wuchuan

作物	年份	需水量/mm	耗水量/mm	水分满足率/%	产量/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	水分利用效率/($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$)
春小麦	1997	307.5	195.5	63.6	1 265.3	6.472
春小麦	1994	316.2	244.2	77.2	1 369.5	5.608
马铃薯	1992	317.3	250.5	78.9	2 124.0	8.480
马铃薯	1993	387.4	240.7	64.8	1 350.0	5.380

3.2 养分(N, P, K)循环

农田亚系统输入的养分主要为有机肥、化肥,输出的养分主要随着收获物而被带走。表 2 为武川县农田种植亚系统养分(氮、磷、钾)循环简表。表中经济作物产量主要指经济收获物,以粮食总产计算;非经济作物产量主要指秸秆等收获物,可用经济作物产量除以经济系数推算。经济作物产量与非经济作物产量的养分含量以麦类、薯类、豆类的加权平均简化计算(经济作物产量部分:氮、磷、钾质量分数分别为 2.00%,0.30%和 0.32%,非经济作物产量部分:含氮、磷、钾量分别为 0.30%,0.02%和 1.10%)。可以看出,在建国初期只有有机肥的投入,且投入量

3 物质循环

3.1 水循环与水分利用率

农牧交错带城市化水平很低,在不考虑工业用水和生活用水的情况下,该区域水分输入项主要有降水、径流,水分输出项主要有径流、蒸散。由于地下水位很深,降水对地下水的渗漏补给以及地下水的蒸发量可以忽略。若认为区域地下径流的输入量和输出量相等,则地下径流可以忽略;该区域多山地、丘陵,降雨量较大时容易发生地表径流;由于该区域河流较少,且只在短时间内作为排水通道,一般不能蓄积水量,可以忽略地表径流的输入。因此,农牧交错带的水分循环路径中,输入项仅有降水一项,输出项有蒸散和地表径流 2 项。在较平整的滩地和丘陵坡地建成的等高田上,径流输出项也可以忽略。

农牧交错带年均降水量一般在 $250 \sim 400 \text{ mm}$ 之间,降水变率在 20%~50%之间。表 1 说明农牧交错带的水分状况不能满足农作物等植物生产的需要,正常年份水分满足率只有 70%左右,这是该地区生物生产力不高的主要原因,亦即水分不足是该地区生物生产的主要制约因素。

较小,养分输出输入比为 2.57;1980 年以后逐步投入化肥,但投入量仍较小,养分输出输入比仍然较高,1984 年为 2.63,存在对土地的掠夺性经营。在此之后化肥投入量有较大增长,至 1995 年,输出量约等于输入量,而后输入量大于输出量。

在草地亚系统,基本没有投入,只有产出。这也正是农牧交错带草地生态系统日趋退化的根本原因。在该区域,由于放牧量的日趋增加,从草地索取的物质日趋增加,其结果是草场生产力日趋降低。

农牧交错带风蚀和水蚀严重,每年因此带出系统的养分量极大。据笔者 1997 年的测定,武川县 3~9 旱坡丘陵地水蚀量为 $841 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$,风蚀量为

表2 县域农田种植亚系统养分(氮、磷、钾)循环简表

Table 2 Nutrient (N/ P/ K) Circulation in farmland in Wuchuan

年份	输入养分量/10 ³ kg			输出养分量/10 ³ kg				输出与输入比	
	有机肥	化肥 (折纯量)	输入总量	经济作物 产量	折合养分	非经济 作物产量	折合养分		输出总量
1950	543.7	0	543.7	41 975	1 099.7	20 987	298.0	1 397.7	2.57
1984	593.8	562.7	1 156.5	91 478	2 396.7	45 739	649.5	3 046.2	2.63
1990	561.8	1 048.5	1 610.3	82 809	2 169.6	41 404	587.9	2 757.5	1.71
1995	585.8	2 414.0	2 999.8	84 112	2 203.7	42 056	597.2	2 800.9	0.93
1998	543.7	5 530.7	6 074.4	145 690	3 817.1	72 845	1 034.4	4 851.5	0.80

注:经济系数以0.5计算。

530 t·km⁻²,即因水蚀和风蚀每年从武川县取走0.1 cm的土层。输出养分分别约为氮1 345和848 kg·km⁻²,磷505和318 kg·km⁻²,有机质量更高,分别相当于每年从该地区地面下1 m厚土层的总氮和总磷量中取走0.12%和0.07%的氮、0.05%和0.03%的磷。这种情况目前仍在发生。值得注意的是,在河滩地和标准较高的等高田,由于存在淤积和尘土的沉积,有可能出现来自外界养分的积累。

4 结 论

北方农牧交错带建国以来生态系统功能发生了显著变化,具体表现为:

1) 粮食产量1995年以前一直徘徊在730 kg·hm⁻²的水平,1996年后增长较快,并突破了1 500 kg·hm⁻²;人均粮食占有量1995年前也相应地处在较低水平,1996年后增长较快;天然牧草产量建国后一直呈下降趋势,目前产草量仅有300~400 kg·hm⁻²。1949年以后畜产品产量增长迅速,1998年是1949年的12.7倍。

2) 1995年以前,武川县粮食作物光能利用率一直维持在较低水平,1996年后有了大幅度的提高。1949年时为0.06%,1998年达到了0.2%。但天然草场的光能利用率一直呈下降趋势,20世纪50年代初期约为0.05%,目前降为0.02%;人工草场的光能利用率较高。

3) 区域降水量少,降水变率大,农作物的正常年份水分满足率只有70%左右,农作物的水分利用率仅有6 kg·mm⁻¹·hm⁻²左右。在农田亚系统,1984年前,养分投入量小,养分输出输入比高,1984年后,化肥投入量有较大幅度的增长,输入量增加,输出输入比降低,1995年前输出量一直大于输入量,而后输入量大于输出量。在草地亚系统,基本没有养分投入只有产出,因而系统日趋退化。

参 考 文 献

- [1] 潘志华,安萍莉,郑大玮,等. 北方农牧交错带生态系统结构变化及其对系统退化的影响[J]. 中国农业大学学报,2002,7(5):50~53
- [2] 孟庆香,常庆瑞,张俊华,等. 陕北农牧交错带土地承载力及提高途径探讨[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(1):108~111
- [3] 高旺盛. 北方农牧交错带农业系统生产力研究方法分析[J]. 农业系统科学与综合研究,2002,18(4):279~282
- [4] 程序. 西北黄土高原区农业与生态恶化及恢复重建的关系[J]. 中国农业科学,2001,34(1):1~4
- [5] 宋桂琴,李领涛. 王东沟农业生态系统能流分析[J]. 水土保持学报,1995,9(2):58~63
- [6] 刘汉中,主编. 普通农业气象学[M]. 北京:北京农业大学出版社,1990.21~22