

风沙过渡区耕地生态系统净第一性 生产力动态变化研究

——以陕西榆阳区为例

莫宏伟^{1,2}, 任志远², 王 欣¹, 韩用顺¹

(1. 湖南科技大学空间信息研究所, 湖南 湘潭 411204; 2. 陕西师范大学, 陕西 西安 710062)

摘要: 对榆阳区 1984~2003 年各乡镇耕地 NPP 单位面积量及总量进行分区动态测算。研究表明: ① 1984~2003 年, 榆阳区耕地净第一性生产力总量在波动中上升; ② 1984~2001 年, 榆阳区北部耕地净第一性生产力远高于南部, 且呈较快上升趋势, 南部黄土丘陵沟壑区耕地净第一性生产力呈较平缓的波动变化, 且略有下降; ③ 1984~2001 年, 榆阳区城区、近郊、远郊的差异性在单位耕地面积净第一性生产力上体现为城区>近郊>远郊; 在耕地 NPP 总量方面, 城区、近郊和远郊都表现为在波动中上升, 三区变化以远郊波动幅度最大; ④ 榆阳区耕地净第一性生产力总量的大幅增长有农业投入增加的原因, 但主要得益于该区生态环境的改善。

关键词: 风沙过渡区; 榆阳区; 耕地; 净第一性生产力; 动态变化

中图分类号: F301.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2007)04-0537-05

自然环境是我们赖以生存的平台, 生态环境的优劣直接影响着人们的生活和生产的各个方面, 本文选择实施退耕还林、退耕还草政策取得明显生态效益的榆阳区为研究样区, 综合中外学者在生态价值及 NPP 方面的研究成果^[1-23], 对榆阳区南部黄土丘陵沟壑区、北部风沙草滩区以及城区、近郊、远郊的耕地 NPP 进行时空动态研究, 以研究耕地 NPP 对生态环境的响应情况, 为生态环境建设与发展经济的一致性提供依据。

1 研究区概况

榆阳区位于 108°58'~110°24'E, 37°49'~38°58'N, 地处毛乌素沙漠与陕北黄土高原丘陵沟壑区连接地带; 东西宽 128 km, 南北长 124 km, 总面积为 7 053 km²。境内地形地貌大致以长城为界, 北为风沙草滩区, 地势开阔平坦, 沙丘、草滩交错分布, 约占总面积 65.1%; 南属黄土高原丘陵沟壑区, 梁峁起伏, 沟壑纵横, 约占总面积 34.9%; 全境地势东北高, 中部、南部低, 最高海拔 1 413 m (位于麻黄梁乡), 最低海拔 870 m (位于镇川镇)。该区属中温带半干旱大陆性季风气候, 雨少不均, 气候干燥; 年平均气温 8.3℃, 最高气温 38.6℃, 最低

气温 -32.7℃; 区内降水主要集中在 6~9 月, 且由南向北递减, 年均降水量为 405 mm, 最大为 695.4 mm, 最小为 159.6 mm。

根据地形和土壤分布等自然因素将本区划分为北部风沙草滩区和南部黄土丘陵沟壑区, 其中风沙草滩区包括 17 个乡镇, 面积为 490 447.81 hm², 占榆阳区总面积 71.16%; 黄土丘陵沟壑区包括 12 个乡镇, 面积为 198 722.64 hm², 占全区总面积的 28.84% (图 1)。

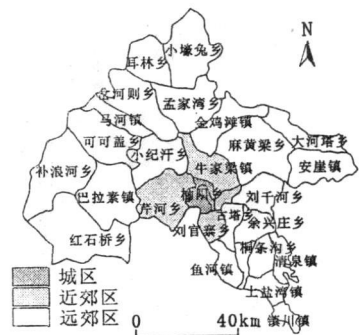


图 1 榆阳区北部风沙草滩区和南部黄土丘陵沟壑区分布图

Fig. 1 Distribution map of northern wind-drift sand region and southern loess hilly-gully region in Yuyang area

收稿日期: 2006-02-15 修订日期: 2006-07-19

基金项目: 国家自然科学基金项目 (项目编号: 403710030) 资助。

作者简介: 莫宏伟 (1968-), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 研究方向为城乡国土资源评价与 GIS, E-mail: mh1981@163.com

为研究人类活动强度对榆阳区生态系统服务功能价值影响,将该区划分为城区、近郊区和远郊区。城区部分包括城市建成区和榆阳乡,面积为10 660.70 hm²,占榆阳区总面积的1.55%;近郊区包括芹河乡、牛家梁镇、青云乡和刘官寨乡,面积73 102.81 hm²,占榆阳区总面积10.61%;其它23个乡镇为远郊区,面积605 406.93 hm²,占榆阳区总面积的87.84%(图2)。



图2 榆阳区城区、近郊区及远郊区分布图

Fig 2 Distribution map of urban, suburban and outer suburbs of Yuyang area

2 研究方法

耕地净第一性生产力测算模型^①:

$$Q = B \times (1 - R) / f$$

式中, Q为净第一性生产力(净第一性生产力按经济系数上限、下限分别计算,然后取平均值作为最终结果); B为经济产量^[24]; R为经济产量含水率; f为经济系数^[25](表1)。

3 测算结果分析

3.1 耕地净第一性生产力测算及时间变化特点分析

1984~2003年间,榆阳区耕地净第一性生产力总量在波动中上升(图3),20年内总物质质量从21.94×10⁴ t^a增加到57.98×10⁴ t^a,在1984年的基础上增加了1.64倍,年度递增率为5.24%。榆阳区耕地净第一性生产力总量的提高主要源于单位耕地面积净第一性生产力的提高,即耕地单产量的提高,榆阳区单位耕地面积净第一性生产力在研究期的20年内从4.16 t/(hm²·a)上升到10.82

表1 农作物经济系数及经济产量含水率一览表

Table 1 Economical coefficient and economical output water ratio of crops

种类	经济系数(上限)	经济系数(下限)	经济产量含水率(%)	文献来源
小麦	0.35	0.5	13	内蒙古农业大学, 2001年
稻谷	0.38	0.51	14	水稻生态编写组, 1987年
玉米	0.3	0.4	14	内蒙古农业大学, 2001年
薯类	0.33	0.45	13.3	山西农业科学院, 1987年
豆类	0.2	0.3	12.5	王连铮等, 1988年

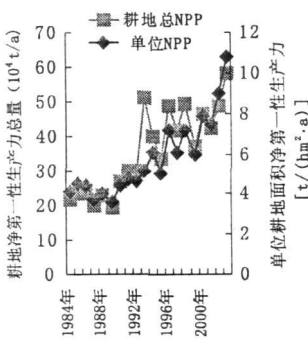


图3 榆阳区1984~2003年耕地净第一性生产力总量及单位面积量变化曲线图

Fig 3 Total amount and unit area amount of the net primary productivity of the cultivated land in Yuyang area during 1984—2003

t/(hm²·a),增加了约1.6倍,因而在耕地面积减少的情况下仍能保持榆阳区耕地净第一性生产力总量的大幅增长。

3.2 耕地净第一性生产力分区测算及空间差异分析

榆阳区的耕地净第一性生产力存在自然因素主导的南北差异和人文因素主导的城乡差异。下面根据各分区单位耕地面积NPP(表2)及耕地总NPP(表3)的测算结果来分述南北差异和城乡差异。

南北差异表现为:北部风沙草滩区单位耕地面积NPP从1984年的6.73 t/(hm²·a)增加到2001年的13.01 t/(hm²·a),增加近1倍;而南部黄土丘陵沟壑区单位耕地面积NPP从1984年的2.55 t

① 肖寒. 区域生态系统服务功能形成机制与评价方法研究. 中国科学院生态环境研究中心博士学位论文, 2001年4月, 119~129.

表 2 榆阳区 1984~2001年单位面积耕地净第一性生产力分区统计 [$t/(ha \cdot a)$]

Table 2 Unit area amount of the net primary productivity of the cultivated land in sub-regions of Yuyang area during 1984—2001 [$t/(ha \cdot a)$]

年代(年)	城区	近郊	远郊	北部风沙草滩区	黄土丘陵沟壑区
1984	7.76	7.06	3.64	6.73	2.55
1985	12.60	8.53	3.91	7.57	2.77
1986	12.66	8.44	3.80	6.63	3.06
1987	12.24	6.93	3.09	5.78	2.22
1988	13.03	7.55	3.54	5.23	3.33
1989	14.04	7.61	2.69	5.99	1.62
1990	14.73	8.09	3.82	7.93	1.80
1991	13.08	7.84	4.19	8.74	1.28
1992	13.07	7.75	4.06	7.70	1.82
1993	12.86	7.70	7.64	13.09	2.54
1994	14.00	8.23	5.70	8.92	3.31
1995	11.61	8.65	4.50	8.49	1.61
1996	14.94	10.89	7.18	11.92	3.80
1997	16.45	10.41	5.66	10.88	1.52
1998	17.73	11.09	6.85	11.52	3.21
1999	12.94	9.99	5.52	10.68	1.03
2000	16.35	11.83	7.56	12.65	2.72
2001	16.48	9.75	7.45	13.01	2.11

表 3 榆阳区 1984~2001年耕地净第一性生产力总量分区统计 ($10^4 t/a$)

Table 3 Total amount of the net primary productivity of the cultivated land in sub-regions of Yuyang area during 1984—2001 ($10^4 t/a$)

年代(年)	城区	近郊	远郊	北部风沙草滩区	黄土丘陵沟壑区
1984年	0.54	3.81	17.59	12.95	8.99
1985年	0.87	4.55	18.30	14.32	9.40
1986年	0.84	4.48	18.12	13.04	10.40
1987年	0.83	4.02	15.10	12.44	7.50
1988年	0.89	4.57	17.41	11.69	11.17
1989年	1.46	4.48	13.39	13.91	5.42
1990年	1.55	5.40	20.08	20.93	6.11
1991年	1.42	5.55	22.90	25.55	4.31
1992年	1.43	5.78	22.70	23.79	6.11
1993年	1.42	5.93	43.58	42.45	8.48
1994年	1.59	6.51	32.18	29.55	10.73
1995年	1.32	6.65	25.46	28.27	5.16
1996年	1.70	8.61	38.59	36.76	12.13
1997年	1.87	8.29	31.37	36.88	4.65
1998年	1.84	8.94	38.47	39.24	10.01
1999年	1.34	7.94	27.97	34.44	2.81
2000年	1.66	8.71	36.22	39.83	6.76
2001年	1.54	7.18	33.76	37.19	5.29

($ha \cdot a$)变为 2001年的 $2.11 t/(ha \cdot a)$, 在研究期内北部平均单位耕地面积 NPP为 $9.08 t/(ha \cdot a)$, 南部仅为 $2.35 t/(ha \cdot a)$, 北部为南部的 3.86 倍; 说明北部单位耕地面积生产力远高于南部, 且呈较快上升趋势, 而南部黄土丘陵沟壑区的单位耕地面积 NPP在 1984~2001 年间呈较平缓的波动变化, 且略有下降。北部的耕地 NPP总量从 1984

年的 $12.95 \times 10^4 t/a$ 增加到 2001年的 $37.19 \times 10^4 t/a$, 总体呈快速波动上升趋势, 而南部耕地 NPP的总量从 1984年的 $8.99 \times 10^4 t/a$ 减少到 2001年的 $5.29 \times 10^4 t/a$, 呈下降趋势; 北部总量的增加有耕地面积增加的因素, 但单位耕地面积生产力的提高是主因, 南部总量下降是面积和耕地生产力共同减缩的结果。

榆阳区城区、近郊、远郊的差异性在耕地净第一性生产力上表现为：研究期内平均单位耕地面积NPP方面，城区从1984年7.76 t/(hm²·a)增加到2001年16.48 t/(hm²·a)，平均值13.70 t/(hm²·a)；近郊从7.06 t/(hm²·a)增加到9.75 t/(hm²·a)，平均值8.80 t/(hm²·a)；远郊从3.64 t/(hm²·a)增加到7.45 t/(hm²·a)，平均值5.04 t/(hm²·a)，体现为城区>近郊>远郊；在耕地NPP总量方面，城区、近郊和远郊都表现为在波动中上升，三区变化以远郊波动幅度最大(图4)，城区、近郊、远郊耕地NPP差异的形成主要是政策及经济利益等人文因素驱动的结果，由于耕地的经营比较利益一般是城区>近郊>远郊，对耕地的投入也基本形成了城区>近郊>远郊的局面，其耕地产出率也必然是城区>近郊>远郊，同时，前段大规模开荒和后段政府退耕还林还草主要发生在远郊，因而出现远郊耕地NPP总量大起大落现象。

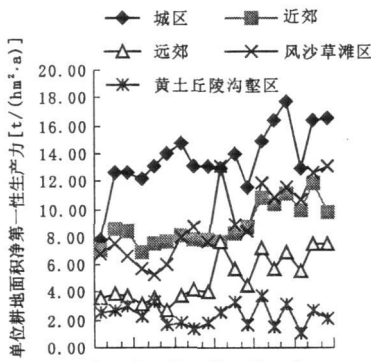


图4 榆阳区1984~2001年各分区单位耕地面积净第一性生产力变化曲线图

Figure 4 Unit area amount of the net primary productivity of the cultivated land in sub-regions of Yuyang area during 1984-2001

3.3 生态环境对耕地净第一性生产力影响定量分析

为了更进一步了解各影响因素在榆阳区净第一性生产力变动中所起的作用，在统计软件SPSS12.0支持下，根据榆阳区现有的资料水平，在研究时段系列资料的影响因子中选取了生态系统服务功能价值^[26] X₁、化肥使用量 X₂、农机使用量^[24] X₃等三项指标对净第一性生产力 Y做多元线性回归分析，得出以下数学模型：

$$Y = 1.634X_1 - 0.724X_2 - 0.196X_3$$

(R² = 0.837 通过了 1% 的显著性检验) 模型表明，生态环境的改善是该区耕地产出能力的提高重要原因。三北防护林带等治沙工程建设及退耕还林、退耕还草政策的实施不仅使该区的生态环境显著优化，同时也使该区耕地净第一性生产力大幅提高，实现了环境和经济的双赢。

4 结 论

1) 1984~2003年间，榆阳区耕地净第一性生产力的总量在波动中上升，20年之内的总物质量从21.94×10⁴ t增加到57.98×10⁴ t，在1984年基础上增加1.64倍，年度递增率为5.24%。

2) 在1984~2001年间，榆阳区北部耕地净第一性生产力远高于南部，且呈较快上升趋势，而南部黄土丘陵沟壑区的耕地净第一性生产力呈较平缓的波动变化，且略有下降。

3) 1984~2001年间，榆阳区城区、近郊、远郊的差异性在单位耕地面积净第一性生产力上体现为城区>近郊>远郊；在耕地NPP总量方面，城区、近郊和远郊都表现为在波动中上升，三区变化以远郊波动幅度最大。

4) 榆阳区耕地净第一性生产力总量的大幅增长有农业投入增加的原因，但主要得益于该区的生态环境的改善。

参考文献：

[1] Lieh H, Whitaker R H. Primary Productivity of the Biosphere [M]. New York: Springer-Verlag Press, 1975

[2] 王卫, 李秀彬. 中国耕地有机质含量变化对土地生产力影响的定量研究[J]. 地理科学, 2002, 22(1): 24~28

[3] 周广胜, 张新时. 自然植被净第一性生产力模型初探[J]. 植物生态学报, 1995, 19(3): 193~200

[4] 周广胜, 张新时. 全球气候变化的中国自然植被净第一性生产力研究[J]. 植物生态学报, 1996, 20(1): 11~19

[5] 郑元润, 周广胜, 张新时, 等. 农业生产力模型初探[J]. 植物学报, 1997, 39(9): 831~836

[6] 周广胜, 郑元润, 陈四清. 自然植被净第一性生产力模型及其应用[J]. 林业科学, 1998, 34(5): 2~11

[7] 冯险峰, 刘高焕, 陈述彭, 等. 陆地生态系统净第一性生产力过程模型研究综述[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 369~378

[8] 胥晓. 四川植被净第一性生产力(NPP)对全球气候变化的响应[J]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 19~24

[9] 柯金虎, 朴世龙, 方精云. 长江流域植被净第一性生产力及其时空格局研究[J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 764~77

[10] 崔林丽, 史军. 中国陆地净初级生产力的季节变化研究

- []]. 地理科学进展, 2005 24(3): 8~17
- [11] 郝明德, 党廷辉, 刘冬梅. 黄土高原沟壑区生态系统适度生产力与生态环境协调发展研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003 21(1): 94~97.
- [12] 许英勤, 吴世新, 刘朝霞. 塔里木河下游垦区绿洲生态系统服务的价值[J]. 干旱区地理, 2003 26(3): 208~216
- [13] 韩晓增, 王守宇, 宋春雨, 等. 土地利用/覆盖变化对黑土生态环境的影响[J]. 地理科学, 2005 25(2): 203~208.
- [14] 李志刚, 段焕娥. 西北高寒民族地区生态环境问题及农牧业发展——以甘南藏族自治州为例[J]. 地理科学, 2005 25(5): 551~555
- [15] 钟 诚, 何宗宜, 刘淑珍. 西藏生态环境稳定性评价研究[J]. 地理科学, 2005 25(5): 573~579
- [16] 于书霞, 尚金城, 郭怀成. 基于生态价值核算的土地利用政策环境评价[J]. 地理科学, 2004 24(6): 727~732
- [17] 于兴修, 杨桂山, 王 瑶. 土地利用/覆盖变化的环境效应研究进展与动向[J]. 地理科学, 2004 24(5): 627~633.
- [18] 何毓蓉, 周红艺, 张保华, 等. 四川省耕地地力生产潜力及承载力研究[J]. 地理科学, 2004 24(1): 20~25.
- [19] 史纪安, 陈利顶, 史俊通, 等. 榆林地区土地利用/覆盖变化区域特征及其驱动机制分析[J]. 地理科学, 2003 23(4): 494~499.
- [20] 刘殿伟, 宋开山, 王丹丹, 等. 近 50 年来松嫩平原西部土地利用变化及驱动力分析[J]. 地理科学, 2006 26(3): 277~283.
- [21] 李同升, 徐冬平. 基于 SD 模型下的流域水资源—社会经济系统时空协同分析——以渭河流域关中段为例[J]. 地理科学, 2006 26(5): 551~556.
- [22] 李月臣, 刘春霞. 北方 13 省土地利用/覆盖动态变化分析[J]. 地理科学, 2007 27(1): 45~52
- [23] 李忠武, 蔡强国, 曾光明. 黄土丘陵沟壑区土地利用类型与土地生产力关系模拟研究——以王家沟小流域为例[J]. 地理科学, 2007 27(1): 53~57
- [24] 榆阳区统计局. 榆阳区统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1985~2004.
- [25] 封志明. 资源科学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [26] 莫宏伟, 任志远, 谢红霞. 农牧交错区土地利用动态与生态效应变化——以榆阳区为例[J]. 干旱区地理, 2005 28(3): 352~356

Dynam ic Changes of Net Prim ary Productivity of Cultivated Land in Wind-drift Sand Region — A Case of YuYang Area of Northern Shaanxi Province

MO Hongwei², REN Zhiyuan¹, WANG Xinh, HAN Yongshun¹

(1. Hunan University of Science and Technology Xiangtan, Hunan 411204;

2. Shaanxi Normal University Xi'an, Shaanxi 710062)

Abstract Based on the grain yield of YuYang area from 1984 to 2003, the authors have chosen a suitable model to estimate net primary productivity of cultivated land of different regions to research the relation between ecological environment and NPP of cultivated land. Study has shown: (1) The total amount of NPP of cultivated land was on the rise generally in YuYang area during 1984—2003. Its total amount has grown from 21.94×10^4 t/a in 1984 to 57.98×10^4 t/a in 2003. The annual increasing degree was 5.24%. (2) The unit area amount of NPP of cultivated land in the north was not only much more than that in the south but also increasing fast during 1984—2001. At the same time, the unit area amount of NPP of the cultivated land changed little in the south. (3) During 1984—2001, the unit area amount of NPP of cultivated land in urban was the highest and that in suburb was the second highest. The total amount of NPP of cultivated land in urban, suburb and outer suburb of YuYang area was all on the rise generally, and that in outer suburb fluctuated at the largest range. (4) The increasing of the NPP of cultivated land was partly because of increasing investing in agriculture, but mainly because of ecological environment improvement of YuYang area.

Key words wind-drift sand region; YuYang area; cultivated land; NPP