

# 宝鸡市净第一性生产力对土地利用变化的坡度、坡向条件响应

陈伟青, 薛亮

(陕西师范大学 地理科学与旅游学院, 陕西 西安 710119)

**摘要:** [目的] 研究坡度与坡向、土地利用变化以及净第一性生产力三者之间的内在联系, 为区域生态可持续发展提供科学依据。[方法] 选取陕西省宝鸡市作为研究区域, 以宝鸡市数字高程模型和 Landsat TM 遥感影像为数据源, 基于 CASA 模型计算净第一性生产力, 探究宝鸡市净第一性生产力对土地利用变化的坡度、坡向条件响应。[结果] 宝鸡市净第一性生产力的变化集中分布在林地、耕地和草地 3 种土地利用类型中, 其中林地的影响最大。10 a 间有 96% 以上的林地保持不变, 77% 左右的草地转变为林地, 林地总面积达 12 239.67 km<sup>2</sup>。林地在斜坡地中的净第一性生产力变化最为显著, 净增长达到 166 668.60 g/(m<sup>2</sup>·a), 在半阴坡区域的净第一性生产力增长值最高, 达到 182 230.00 g/(m<sup>2</sup>·a)。耕地对净第一性生产力的影响集中分布在平坡和缓平地条件下, 坡向范围为阳坡至半阴坡, 在阳坡下具有最高值 59 479.5 g/(m<sup>2</sup>·a)。草地的变化受坡向条件的影响较小, 因此在坡向条件中对净第一性生产力的影响也相对均衡, 而坡度分布主要是斜坡地和缓坡地。[结论] 宝鸡市总体呈现了较好的生态可持续发展态势, 应在此基础上继续加大对生态环境的保护力度, 充分利用宝鸡市的地理位置特征和地形特点, 综合考虑斜坡地与半阴坡下林地的利用率, 使其净第一性生产力持续增长。

**关键词:** 净第一性生产力; 土地利用变化; 坡度; 坡向; 宝鸡市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)06-0277-08

中图分类号: K909

**文献参数:** 陈伟青, 薛亮. 宝鸡市净第一性生产力对土地利用变化的坡度、坡向条件响应[J]. 水土保持通报, 2017, 37(6): 277-284. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.06.046; Chen Weiqing, Xue Liang. Net primary productivity of Baoji City in response to landuse changes in different slopes and aspects[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(6): 277-284. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.06.046

## Net Primary Productivity of Baoji City in Response to Landuse Changes in Different Slopes and Aspects

CHEN Weiqing, XUE Liang

(School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

**Abstract:** [Objective] Studying the relationship among slope & aspects, land use change and net primary productivity, so as to provide scientific basis for regional ecological sustainable development. [Methods] We took Baoji City as an example to study the effect of land use change on regional net primary production based on different slopes and aspects with the help of digital elevation model and the Landsat TM images. We used the CASA model to estimate net primary production of Baoji City. [Results] From 2000 to 2010, the change of net primary productivity in Baoji City was concentrated in forest land, cultivated land and grassland, among which forest land had the greatest influence. More than 96% of forest lands remained unchanged in the past ten years, and about 77% of grasslands was transformed into forest lands. The total area of forest lands was 12 239.67 km<sup>2</sup>. The net primary productivity of forest lands in the sloping land was the most significant, with a net increase of 166 668.60 g/(m<sup>2</sup>·a); and the net primary productivity increment in the

收稿日期: 2017-04-09

修回日期: 2017-05-18

资助项目: 科技基础性工作专项“黄土高原生态系统与环境变化考察”(2014FY210100)

第一作者: 陈伟青(1991—), 男(汉族), 河北省石家庄市人, 硕士研究生, 研究方向为资源开发与 GIS。E-mail: garethchen@snnu.edu.cn.

通讯作者: 薛亮(1978—), 男(汉族), 陕西省洋县人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事资源开发与 GIS, 3S 集成应用方面的教学与科研工作。E-mail: brxue@snnu.edu.cn.

semi-shady aspect area was the highest, reaching 182 230.00 g/(m<sup>2</sup> · a). The influence of cultivated land on the net primary productivity concentrated on the flat land and the gentle slope. The aspect's range is from the sunny aspect to the semi-shady aspect and the highest value was 59 479.5 g/(m<sup>2</sup> · a) at the sunny slope. The change of grassland was less affected by the aspect condition, so its effect on the net primary productivity was relatively balanced in the slope condition, and the slope distribution was mainly slope and gentle slope. [Conclusion] Overall, the ecosystem of Baoji City keeps a good situation. Moreover, keeping net primary production in sustained growth is very important, and to maintain the sustainable development of ecological environment, we should take better account of Baoji's location and terrain to make good use of the forest land in sloping land and the semi-shady aspect.

**Keywords:** net primary production; land use change; slope; aspect; Baoji City

植物的光合作用是人类赖以生存的基础,在自然环境中,植物的光合作用受到植物本身以及周围环境如土壤、气候等因子的影响<sup>[1-4]</sup>。在量化估算自然条件下植被的生产能力方面,净第一性生产力(net primary productivity, NPP)是最常用的指标之一<sup>[5-11]</sup>,同时它也是生态系统可持续发展的重要评价指标,不断提升净第一性生产力显得尤为重要。20世纪60年代起,NPP逐渐受到研究学者们的关注,近年来,学术界持续关注NPP的变化及其影响因素<sup>[12-20]</sup>。目前,国内外对NPP变化影响因素的研究主要集中在气候、土地利用等方面。高志强和刘纪远等<sup>[21]</sup>通过调查研究分析了20 a气候和土地利用变化对区域净第一性生产力影响的时空特征,结果表明,整个区域内NPP的变化是气候和土地利用共同作用的结果,但是在土地利用发生变化的区域,土地利用的作用占据绝对的地位。在土地利用变化的研究方面,有众多学者研究了地形因子对土地利用变化及其分布格局的影响。陈运强等<sup>[22]</sup>研究了韶关市大塘镇土地利用空间格局与坡度、坡向的关系,结果表明,坡度与坡向影响光照、水分、热量等分布,进而对人类活动和土地利用空间格局产生影响。邱扬和傅伯杰等<sup>[24]</sup>研究了黄土丘陵的小流域地区,指出了该地区的土地利用时空分布和地形因子是相互作用、相互影响的。综上所述,坡度与坡向在一定程度上制约着土地利用的空间分布格局,影响着土地利用类型的变化方向,进而会对NPP的变化产生影响。目前,研究气候变化、地形因子、土地利用变化与净第一性生产力关系的文献较多,但是都只考虑了某单一因素对净第一性生产力的影响,忽略了各影响因素的相互联系。因此,通过综合多种因素,研究不同坡度、坡向条件下区域土地利用变化对其净第一性生产力的影响,探讨坡度与坡向、土地利用变化以及净第一性生产力三者的内在联系,从而为区域的生态可持续发展提供参考,具有一定的研究意义。

## 1 研究区概况

宝鸡市位于陕西省关中西部,东经106°18′—108°03′,北纬33°35′—35°06′,东西长156.6 km,南北宽160.6 km。东连西安、咸阳两市,南接汉中市,西、西北分别与甘肃省天水市和平凉市毗邻。宝鸡市地质构造复杂,东、西、南、北、中的地貌差异大,具有南、西、北三面环山,以渭河为中轴向东拓展,呈尖角开口槽形的特点。宝鸡地区以山地、丘陵为主,其中山地占总面积56%,而丘陵占总面积26.5%,其余川、原部分占总面积的17.5%,秦岭群峰与渭河平原互为映衬,构成了宝鸡市的地貌主体。宝鸡市自2004年起开展“创建国家园林城市”的活动,2005年获得“国家环保模范城市”称号,2007年获得“全国绿化模范城市”称号,2009年摘得“国家森林城市”桂冠。2016年,住房城乡建设部公布的首批7个国家生态园林城市名单中,宝鸡市榜上有名,可以说宝鸡市在建设生态环境方面走在全国各大城市的前列<sup>[26-27]</sup>。因此,以净第一性生产力的变化及其影响因素作为研究的切入点,探究宝鸡市在该方面的建设经验,对其他城市的生态环境建设具有一定的参考价值。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 数据来源

此次研究所使用的数据有:①宝鸡市基础地理信息数据,主要包括宝鸡市行政区域等矢量数据,数据来源于国家基础地理信息中心。②宝鸡市数字高程模型(DEM),用于提取宝鸡市坡度、坡向数据,数据下载于ASTER全球数字高程模型(ASTER GDEM)网站,分辨率为30 m。③2000和2010年间7月左右的2期4景Landsat TM遥感数据,用于解译宝鸡市土地利用数据。Landsat TM相比之前的传感器而言,是一种先进的多光谱扫描传感器,具有

比 MSS 传感器更高的图像分辨率,更清晰的光谱分离,更高的几何保真度以及更高的辐射精度和分辨率。Landsat TM 具有 7 个波段,除波段 6 是 120 m 分辨率的热红外波段外,波段 1—5 和第 7 波段是 30 m 分辨率的多光谱波段,被广泛应用于环境监测、土地利用分类等研究。该数据下载于美国地球资源观测和科学中心 [Earth Resources Observation and Science (EROS)Center]。④ 气象数据,主要包括英国 CRU (University of East Anglia, Climatic Research Unit) 发布的高分辨率气象数据和中国气象数据共享网发布的气象数据。前者是英国东安格利亚大学的气候研究单位,通过整合已有的若干个知名数据库重建了一套覆盖较为完整且高分辨率的月平均地表气候要素数据集,时间范围覆盖 1901—2015 年,空间分辨率为  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$  经纬网格且覆盖所有陆地。结合 2 种数据并参考相应的统计年鉴和网络资源,通过内插、裁剪和重采样等方法获得宝鸡市的太阳总辐射、月降水量、月平均温度、月日照时数等对应时期的气象数据。

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 数据预处理

(1) 坡度提取。使用 ArcGIS 10.2 软件处理宝鸡市 DEM 数据,提取出坡度数据,坡度分级根据国际地理学会地貌调查与制图委员会对坡地的分级标准,结合宝鸡市具体情况微调,具体坡度分为平地、缓平地、缓坡地、斜坡地、陡坡地和急陡坡 6 个等级,每一级坡度的编码、面积和比重详见表 1。

表 1 宝鸡市坡度分级

编码	分级	坡度/ $^{\circ}$	面积/ $\text{km}^2$	比重/ $\%$
1	平地	0~6	3 506.57	16.93
2	缓平地	6~10	2 374.37	11.46
3	缓坡地	10~15	3 037.81	14.67
4	斜坡地	15~25	6 201.48	29.94
5	陡坡地	25~35	4 077.46	19.69
6	急陡坡	35~90	1 514.63	7.31
总计			20 712.32	100.00

(2) 坡向提取。使用 ArcGIS 10.2 软件处理宝鸡市 DEM 数据,提取出坡向数据,然后参照查轩等<sup>[28]</sup>在研究中采取的坡向分级方法进行重分类,得到平坡、阳坡、半阳坡、阴坡以及半阴坡 5 个等级的坡向数据,每一级坡向的编码、面积和比重详见表 2。

(3) 土地利用变化。使用 ENVI5.2 软件,运用监督分类与人机交互的方法,对 2000 和 2010 年的宝

鸡市遥感影像进行土地利用类型分类,分类结果通过 Google Earth 验证和实地调查总体精度达到 78.3%。根据中科院土地利用/覆盖分类体系标准,将宝鸡市土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用土地 6 大类。各土地利用类型编码详见表 3。

表 2 宝鸡市坡向分级

编码	分级	坡向/ $^{\circ}$	面积/ $\text{km}^2$	比重/ $\%$
1	平坡	0	120.86	0.58
2	阳坡	135~225	5 458.38	26.35
3	半阳坡	90~135,225~270	4 772.88	23.04
4	阴坡	45~90,270~315	4 835.14	23.34
5	半阴坡	0~45,315~360	5 525.06	26.68
总计			20 712.32	100.00

表 3 宝鸡市土地利用类型分类

编码	土地利用类型	编码	土地利用类型
1	耕地	4	水域
2	林地	5	建设用地
3	草地	6	未利用土地

2.2.2 净第一性生产力模型 采用 CASA (Carnegie-Ames-Stanford Approach, CASA) 模型计算宝鸡市净第一性生产力 (NPP),它是一种光能利用率模型,由 Potter 和 Field 提出并建立,是目前应用比较广泛的计算模型。NPP 的估算由植被吸收的光合有效辐射 APAR 和光能转化率  $\epsilon$  确定,具体估算公式为:

$$\text{NPP}_{(x,t)} = \text{APAR}_{(x,t)} \cdot \epsilon_{(x,t)} \quad (1)$$

式中: $x$ ——空间位置; $t$ ——时间; $\text{APAR}_{(x,t)}$ ——空间位置  $x$  在  $t$  月吸收的光合有效辐射 ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mon}^{-1}$ );  $\epsilon_{(x,t)}$ ——像元  $x$  在  $t$  月的光能转化率 ( $\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$ )。

$$\text{APAR}_{(x,t)} = \text{SOL}_{(x,t)} \cdot \text{FPAR}_{(x,t)} \times 0.5 \quad (2)$$

式中: $\text{SOL}_{(x,t)}$ ——第  $t$  月在像元  $x$  处的太阳总辐射量 ( $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mon}^{-1}$ );  $\text{FPAR}_{(x,t)}$ ——植被层对入射光合有效辐射的吸收比例,计算方法参考文献[4]; 0.5——植被所能利用的太阳有效辐射(波长为 0.4~0.7)占太阳总辐射的比例。

$$\epsilon_{(x,t)} = \epsilon_{\max} \cdot T_{(x,t)} \cdot W_{(x,t)} \quad (3)$$

式中: $\epsilon_{\max}$ ——理想条件下的最大光能利用率 ( $\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$ );  $T_{(x,t)}$ ,  $W_{(x,t)}$ ——像元  $x$  在第  $t$  时间内的温度和水分胁迫因子,计算方法参考相关参考文献[4]。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用变化结果与分析

使用 ArcGIS 10.2 软件,对解译获得的 2000 年

和 2010 年土地利用分类结果进行叠置分析得到土地利用转移矩阵(表 4)和耕地、林地、草地 3 种土地利

用变化专题图(图 1),据此可以得知宝鸡市 2000—2010 年土地利用的变化情况。

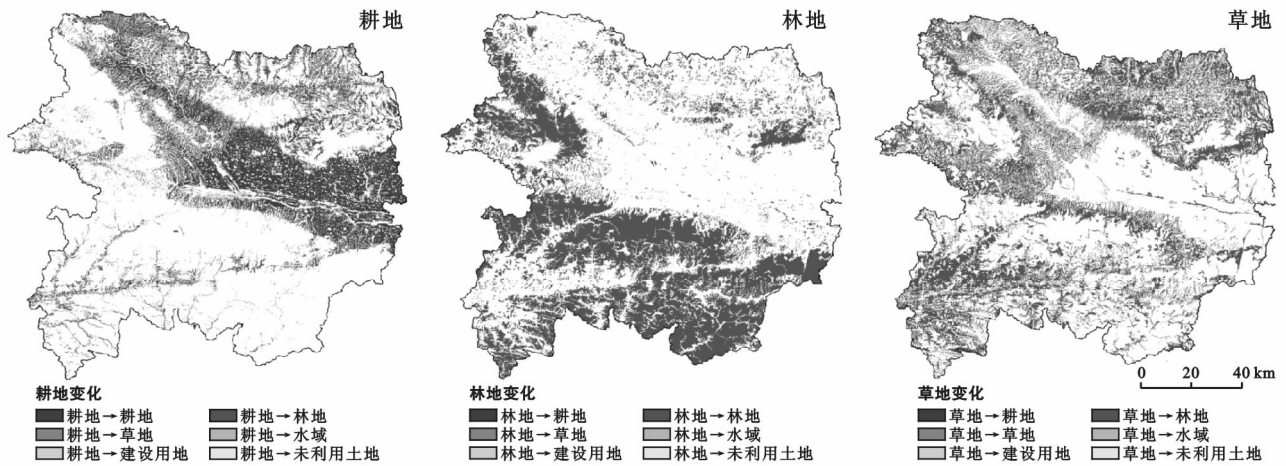


图 1 2000—2010 年宝鸡市耕地、林地和草地变化情况

在宝鸡市的土地利用构成中,耕地、林地和草地 3 类占主要部分,2 个年份 3 类所占的比例均在 94% 以上,耕地由 28% 下降到 21%,草地由 33% 下降到 5% 左右,而林地则由 35% 左右上升到 67% 左右。在耕地、林地和草地三者的互相转变中,变化最大的是草地到林地,有 77% 左右的草地转变成了林地,集中分布在宝鸡市的秦岭关山区。除此之外,有 25% 左右的耕地转变成了林地,主要分布在秦岭山区与渭河平原边缘附近。由此不难看出,自 1999 年在陕西省开展“退耕还林”试点后,宝鸡市在林地保护、可持续发展方面的工作效果显著。在建设用地的变化中,有接近 25% 的建设用地来自于这 10 a 间耕地的转变,主要分布在宝鸡市金台区与渭滨区地带以及凤翔县

南部地区,约 67% 的建设用地没有发生改变,这是因为 2000 年以后经济与人口的发展使得城乡、工矿、居民用地持续扩张,耕地数量减少,转变为建设用地、林地及草地。在宝鸡市所有的土地利用类型中,未利用土地所占的比例最小,变化也最不明显。宝鸡市的水域在 10 a 的变化中,有增有减,实际转入量要大于转出量,其中转入部分主要分布在宝鸡市的秦岭关山区,而转出部分则分布在宝鸡市的川道台塬区。在“十五”和“十一五”期间,宝鸡市抓住发展机遇,先后提出了创建 2 个“最佳”(最佳人居环境、最佳投资环境)和“打造关中西部现代化城镇群”等目标,着力打造生态园林城市,在大力发展经济的同时也注重开展环境保护工作。

表 4 宝鸡市 2000—2010 年土地利用转移矩阵

类型	1	2	3	4	5	6	2000 年
1	3 029.32	1 323.42	263.47	66.82	405.08	4.00	5 092.10
2	100.86	6 182.72	110.58	4.72	20.35	5.44	6 424.66
3	664.52	4 695.80	521.47	38.67	114.61	32.53	6 067.59
4	25.60	10.36	6.73	87.59	8.92	0.11	139.31
5	86.48	24.62	3.11	2.43	230.94	0.12	347.71
6	0.06	2.75	0.16	0.05	0.00	1.04	4.05
2010 年	3 906.84	12 239.67	905.52	200.28	779.89	43.23	18 075.43

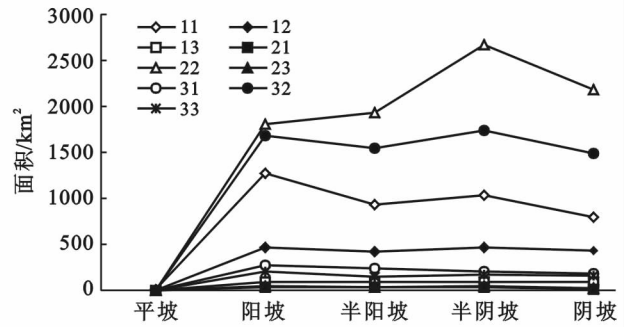
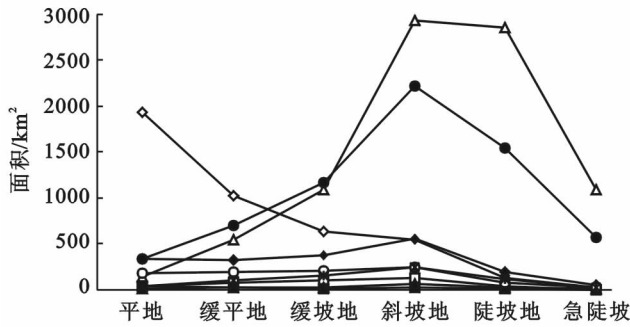
注:各土地利用类型编码详见表 3。下同。

结合宝鸡市土地利用数据和坡度、坡向数据,统计得到耕地、林地以及草地 3 种土地利用类型随坡度和坡向的变化情况(图 2),从图 2 可以看出,耕地、林地、草地转林地以及耕地转林地与坡度、坡向的变化关系

密切,其他土地利用变化幅度较小。耕地在平地范围中达到最大值,随着坡度的增加耕地的面积逐渐减少。林地的变化呈现先增加后减小的趋势,在斜坡地带范围内达到最大值,陡坡地次之。草地转变为林地的部分

变化明显,同样是先增加后减小的趋势,在斜坡地范围内达到最大值。从平坡—阳坡—半阳坡—半阴坡—阴坡,林地的面积先增加后减小,在半阴坡范围内分布最

广,草地转林地同样在半阴坡达到最大值,但是从阳坡至阴坡其波动范围较小。耕地在阳坡范围内面积最大,在除平坡外的其他坡向范围内分布较均匀。



注:11 表示耕地未变化部分,12 表示耕地转变为林地的部分,依此类推。

图 2 土地利用随坡度、坡向的变化情况

### 3.2 净第一性生产力对土地利用变化的响应

表 5 反映了宝鸡市 2000—2010 年 NPP 对土地利用变化的响应情况。NPP 的变化主要集中在耕地、林地和草地三者的互相转变中,三者转变所引起的 NPP 变化占总数的 95% 以上。10 a 间对 NPP 变化影响最大的是林地未变化的部分,增长值达到 346 174.9 g/(m<sup>2</sup>·a),占总数的 32% 左右,其次是草地转变为林地的部分和耕地未变化部分,分别占比

23% 左右和 20% 左右。水域和建设用地的变化对 NPP 的影响比较小,横向比较来看,两者都有一部分转变为耕地,使 NPP 有小幅度的提升。宝鸡市林地所占比例最大,未利用土地所占比例最小,对 NPP 的影响也最小。10 a 间“退耕还林”政策的实施以及建设“生态园林城市”活动的开展,使宝鸡市林地范围逐渐扩大,耕地、草地逐渐转变为林地,使净第一性生产力显著提高。

表 5 宝鸡市 NPP 对土地利用变化的响应

g/(m<sup>2</sup>·a)

类型	2010 年						总计	
	1	2	3	4	5	6		
2000 年	1	204 843.1	92 722.7	22 628.2	3 000.0	16 949.3	77.4	340 220.7
	2	5 869.7	346 174.9	6 343.9	301.8	-196.0	462.3	358 956.6
	3	54 817.0	253 281.5	38 338.6	2 123.9	6 953.6	116.1	355 630.7
	4	1 816.7	475.6	67.8	3 158.7	168.5	0.0	5 687.3
	5	4 108.6	1 570.2	61.7	0.0	7 882.8	0.0	13 623.3
	6	0.0	42.4	0.0	0.0	0.0	0.0	42.4
总计	271 455.1	694 267.3	67 440.2	8 584.4	31 758.2	655.8	1 074 161.0	

### 3.3 净第一性生产力对土地利用变化的坡度、坡向条件响应

3.3.1 坡度条件下 由图 3 比较来看,耕地未变化的部分在平地 and 缓平地中 NPP 增长显著,占总值的 62%。一方面是因为未变化的耕地较多,另一方面和耕地这种土地利用类型的分布特点有关。耕地转为林地和草地的部分具有相似的变化规律,均是在斜坡地中 NPP 的变化显著,其次是缓坡地和缓平地。斜坡地中林地的 NPP 变化最为显著,其中未变化部分达到最高值 173 203.80 g/(m<sup>2</sup>·a)。受制于林地的分布特点,斜坡和陡坡地中林地 NPP 的变化较为突出,而林地转为耕地的部分也只在斜坡和陡坡地中显著。草地的水土流失量受坡度差异的影响较弱,在

10 a 的变化过程中草地向耕地的转变较为均衡,在缓平地、缓坡地和平地中均有一定的变化,这几种坡度下的土地既适合草地发展也能平稳过渡为耕地类型。草地转变成林地的部分在斜坡地变化最显著,说明同等条件下斜坡地更适宜林地的发展。

3.3.2 坡向条件下 从图 4 可知,阳坡对耕地的 NPP 变化影响最大,尤其是耕地未变化部分。这主要是因为耕地上的农作物生长需要充足的光照、水分等条件,阳坡、半阳坡能满足农作物的生长条件。宝鸡市的平坡所占比例最小,因此不能与其他坡向进行比较,但纵向比较来看,平坡下的耕地 NPP 变化是最大的,这可能与耕地的分布特征有关。阳坡和半阴坡对林地 NPP 的变化影响最大,10 a 间林地 NPP 的变

化主要来自林地未变化部分和草地向林地的转变部分,一方面未变化的林地在半阴坡下 NPP 增长值最大,达到  $94\ 155.5\ \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,另一方面草地转变为林地的 NPP 在阳坡下增长值最大,达到  $66\ 365.1\ \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。因为半阴坡既能提供光照条件也能保证蒸发量不至于过大,利于森林树木的生长,因此林地未变化部分的 NPP 在半阴坡下的增长最高。草地本身受阳坡的影响较大,因此在草地向林地转变的过程中,NPP 的变化在阳坡下达到最大值。草地 NPP 的

变化受阳坡和半阴坡影响最大。林地向草地的转变在半阳坡下高出其他坡向  $200\ \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 左右,其他坡向下 NPP 的变化基本持平,说明林地向草地转变的过程中 NPP 的变化受坡向的影响小。草地的分布不同于林地,它的限制性较小,但影响因素较为复杂,土壤的含水量、蒸散量、草本生物量等都会影响草地的生长,充足的光照条件又能保证了区域的含水量与蒸散量的平衡以及生物的多样性,这就使得阳坡、半阳坡对草地 NPP 的变化影响最大。

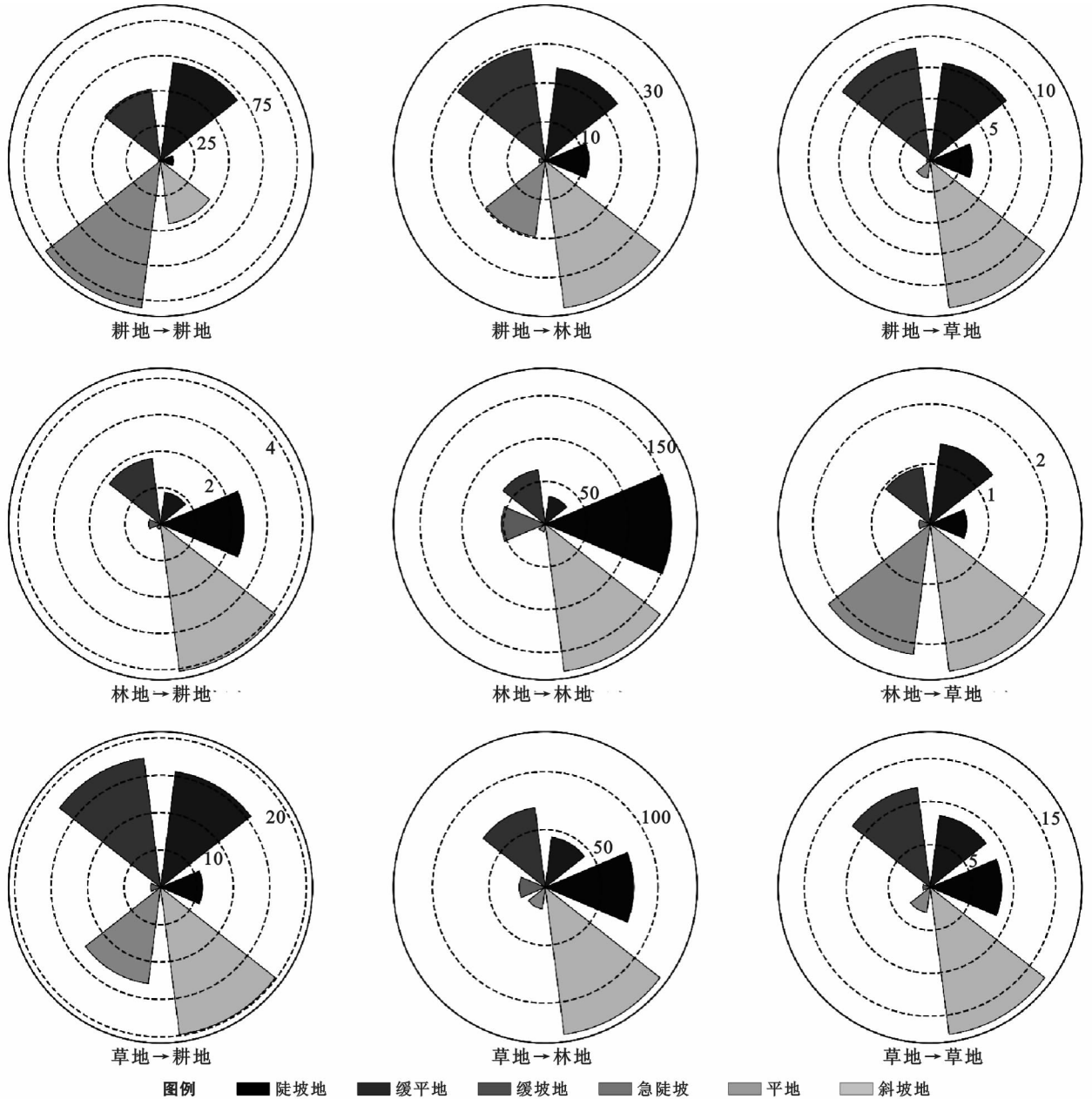


图 3 耕地、草地和林地不同坡度下对 NPP 的影响〔单位:  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 〕

## 4 讨论与结论

2000—2010 年是中国经济持续快速增长,城镇

化进程不断加快,生态保护力度显著提升的 10 a,也是资源开发强度不断增大,气候变化胁迫加剧,生态环境受到严重冲击的 10 a。根据最新发布的《全国生

态环境 10 a 变化(2000—2010 年)调查评估报告》, 10 a 间, 全国森林、灌丛、草地生态系统质量总体向好, 城镇、农田生态系统格局变化剧烈, 森林、湿地生

态系统人工化趋势明显。但是, 目前全国生态安全形势依然严峻, 生态环境风险增加, 生态保护与发展矛盾突出。

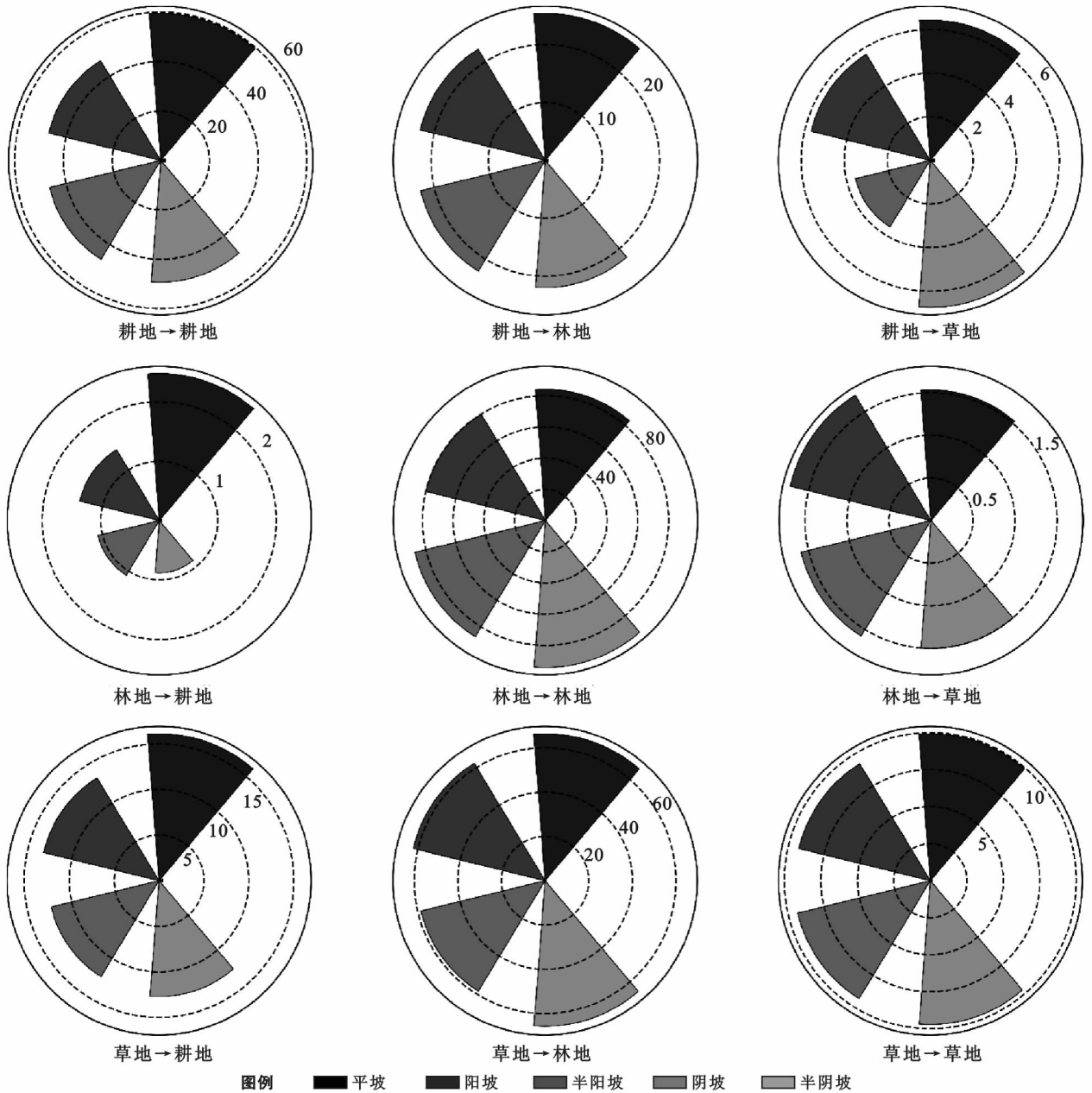


图 4 耕地、草地和林地不同坡向下对 NPP 的影响 [单位:  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ]

本研究选取在生态环境建设方面表现颇为突出的宝鸡市作为研究区域, 研究了在坡度、坡向因素的制约下, 土地利用变化对净第一性生产力的影响。

(1) 林地对净第一性生产力的影响集中分布在斜坡地和陡坡地, 而草地和耕地对净第一性生产力的影响相对均衡。耕地主要集中在平地 and 缓平地, 而草地主要分布在缓坡地和斜坡地。

(2) 阳坡、半阴坡下土地利用变化对净第一性生产力的影响最为突出。具体而言, 阳坡对耕地影响较

大, 而半阴坡对林地和草地的影响较大。

(3) 整体而言, 宝鸡市的生态环境质量较好, 净第一性生产力持续提高。因为林地对净第一性生产力的贡献最大, 在今后的生态环境建设过程中, 可综合考虑坡向与坡度条件, 使林地的净第一性生产力增长最大化。在实施退耕还林、还草等措施时, 可尽量将坡向定在阳坡范围内, 坡度控制在缓坡地和斜坡地中, 这样可以保证耕地到林地或草地转变的效益最大化。

本研究以坡度、坡向为制约因素, 探讨了宝鸡市

10 a 间的土地利用变化对净第一性生产力的影响情况。除此之外还存在众多自然或人为因素会对土地利用变化和净第一性生产力产生影响,今后的研究需要从众多因素中探究影响净第一性生产力的因子,建立比较完善的评价体系,为区域的生态可持续发展提供决策支持。

#### [参 考 文 献]

- [1] 周广胜,张新时. 全球气候变化的中国自然植被的净第一性生产力研究[J]. 植物生态学报,1996,20(1):11-19.
- [2] 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.
- [3] 陈利军,刘高焕,励惠国. 中国植被净第一性生产力遥感动态监测[J]. 遥感学报,2002,6(2):129-135.
- [4] 朱文泉,潘耀忠,张锦水. 中国陆地植被净初级生产力遥感估算[J]. 植物生态学报,2007,31(3):413-424.
- [5] 朴世龙,方精云,郭庆华. 利用 CASA 模型估算我国植被净第一性生产力[J]. 植物生态学报,2001,25(5):603-608.
- [6] Chen Lijun, Liu Gaohuan, Feng Xianfeng. Estimation of net primary productivity of terrestrial vegetation in china by remote sensing [J]. Acta Botanica Sinica, 2001,43(11):1191-1198.
- [7] Running S W. A measurable planetary boundary for the biosphere[J]. Science, 2012,337(6101):1458-1459.
- [8] Christopher B. Field, Michael J, et al. Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components [J]. Science, 1998,281(5374):237-240.
- [9] 李晶,任志远. 陕北黄土高原土地利用变化对第一性生产生态服务功能价值的影响[J]. 生态学杂志,2005,24(9):1029-1032.
- [10] 吴建寨,李波,张新时,等. 天山北坡土地利用/覆被及生态系统服务功能变化[J]. 干旱区地理,2007,30(5):728-735.
- [11] 陈探,刘森,胡远满,等. 沈阳经济区土地利用和净初级生产力变化[J]. 生态学报,2015,35(24):8231-8240.
- [12] Chen Liding, Wang Jun, Fu Bojie, et al. Land-use change in a small catchment of Northern Loess Plateau, China[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001,86(2):163-172.
- [13] 周自翔,李晶,韩艳飞. 关中—天水经济区土地利用变化对净第一性生产力影响测评[J]. 干旱区地理,2013,36(6):1058-1066.
- [14] 韩艳飞,柯长青,李晶. 近 30 年关天经济区植被净初级生产力对土地利用变化的动态响应[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(6):68-74.
- [15] 袁甲,沈非,王甜甜,等. 2000—2010 年皖江城市带土地利用/覆被变化对区域净初级生产力的影响[J]. 水土保持研究,2016,23(5):245-250.
- [16] 姜春,吴志峰,程炯. 广东省土地覆盖变化对植被净初级生产力的影响分析[J]. 自然资源学报,2016,31(6):961-972.
- [17] 孙政国,杨齐,李建龙. 土地利用与土地覆盖变化对中小城市净初级生产力的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(15):291-296.
- [18] 戴靓,彭慧,吴绍华. 苏南地区净第一性生产力对土地利用变化的响应[J]. 土壤,2013,45(3):565-571.
- [19] 孙庆龄,冯险峰,肖潇. 武陵山区植被净第一性生产力的时空格局及其与地形因子的关系[J]. 地球信息科学学报,2014,16(6):915-924.
- [20] 毛德华,王宗明,韩信兴,等. 1982—2010 年中国东北地区植被 NPP 时空格局及驱动因子分析[J]. 地理科学,2012,32(9):1106-1111.
- [21] 高志强,刘纪远,曹明奎,等. 土地利用和气候变化对区域净初级生产力的影响[J]. 地理学报,2004,59(4):581-591.
- [22] 陈运强,王荣远. 土地利用空间格局与坡度坡向的关系[J]. 测绘与空间地理信息,2015,38(10):171-174.
- [23] 郝慧梅,郝永利,任志远. 近 20 a 关中地区土地利用/覆盖变化动态与格局[J]. 中国农业科学,2011,44(21):4525-4536.
- [24] 邱扬,傅伯杰,王军,等. 黄土丘陵小流域土地利用的时空分布及其与地形因子的关系[J]. 自然资源学报,2003,18(1):20-29.
- [25] 孙丽,陈焕伟,潘家文. 运用 DEM 剖析土地利用类型的分布及时空变化:以北京延庆县为例[J]. 山地学报,2004,22(6):762-766.
- [26] 赵海林. 秦川上的江南:宝鸡建设生态园林特大城市的调查报告[J]. 环境保护,2011(13):57-58.
- [27] 林培. 首批 7 个国家生态园林城市名单公布[N]. 中国建设报,2016-02-01(2).
- [28] 查轩,黄少燕,陈世发. 退化红壤地土壤侵蚀与坡度坡向的关系:基于 GIS 的研究[J]. 自然灾害学报,2010,19(2):32-39.