

# 我国草原生产力

侯扶江<sup>1</sup>, 王春梅<sup>1</sup>, 娄珊宁<sup>1</sup>, 侯向阳<sup>2</sup>, 呼天明<sup>3</sup>

(1. 草地农业生态系统国家重点实验室, 兰州大学草地农业科技学院, 兰州 730020; 2. 中国农业科学院草原研究所, 呼和浩特 010010; 3. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 分析我国草原植物生产和动物生产, 比较国内外草原生产力。结果表明, 在过去的 30 余年中, 我国一部分草原产草量下降, 局部变化不显著。世界草原对畜产品生产的贡献率为 40.08%, 中等收入国家为 67.35%。全球 24.1% 的牛肉和 31.9% 的羊肉来自草原, 低收入国家草原载畜量分别高出高收入国家和中等收入国家 87.4% 和 66.4%, 畜产品生产分别只有两者的 37.3% 和 71.9%。适宜的放牧利用, 可使我国的草原生产能力达到  $6.35 \times 10^9$  畜产品单位 (APU); 全国草原单纯依靠放牧每年可产肉  $2.959 \times 10^6$  t, 占全国肉类总产量的 3.5%, 占全国牛羊肉总产量的 27.4%。通过草原畜牧业的现代化转型可接近高收入国家水平, 增产潜力约为 50%~200%。

**关键词:** 草原生产力; 产草量; 放牧; 载畜量; 畜产品单位 (APU)

中图分类号: S812 文献标识码: A

## Rangeland Productivity in China

Hou Fujiang<sup>1</sup>, Wang Chunmei<sup>1</sup>, Lou Shanning<sup>1</sup>, Hou Xiangyang<sup>2</sup>, Hu Tianming<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Grassland Agro-ecosystem, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China; 2. Grassland Research Institute, Chinese Academy of Agriculture Science, Hohhot 010010, China; 3. College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shanxi, China)

**Abstract:** Through analyzing the plant production and animal production of grassland in China and comparing the grassland productivity at home and abroad, the author finds that, in the past over 30 years, the grass production of grassland declined slightly in some regions of China. Among the global animal products, 40.08% came from the world's grassland and 67.35% was from middle income countries. 24.1% of the global beef production and 31.9% of the global mutton production were supported by grassland. The grazing capacity of the grassland of low income countries was 87.4% higher than that of high income countries and 66.4% higher than that of middle income countries. However, their output of animal products respectively accounts for 37.3% and 71.9% of that of high and middle income countries. With appropriate grazing utilization, the productivity of grassland in China can reach  $6.35 \times 10^9$  APU. The meat production from animal grazing grassland can reach  $2.959 \times 10^6$  t, accounting for 3.5% of the national meat production and 27.4% of the national beef and mutton production. After the transformation of modernization of grassland animal husbandry, China's grassland productivity will be close to that of high income countries with a potential increase of about 50%~200%.

**Key words:** grassland productivity; grass production; grazing; grazing capacity; animal product unit (APU)

### 一、前言

草原占地球陆地面积的一半以上, 其植物生

产占全球总量的 30%~35%, 是家畜生产的主要基地, 养活了世界上约 1/3 的人口。草原也是我国面积最大的陆地生态系统, 占国土总面积的 41.7%,

收稿日期: 2015-12-10; 修回日期: 2016-01-11

作者简介: 侯扶江, 兰州大学草地农业科技学院, 草地农业生态系统国家重点实验室, 教授, 研究方向为草原管理; E-mail: cyhoufj@lzu.edu.cn

基金项目: 中国工程院重大咨询项目“中国草地生态保障与食品安全战略研究”(2012-ZD-7, 2013-GCK-ZD-3) 长江学者和创新团队发展计划项目“草地农业系统耦合与管理”(IRT13019)

本刊网址: www.enginsci.cn

是保障我国生态安全和食物安全的重要基地。我国虽然是草原大国，却不是草原生产大国和强国，主要因为相对于美国、澳大利亚等其他草原大国，我们的草原退化较为严重，草原生产力总体较低，与国家需求的差距较大。改革开放以来，国家对草原的战略需求由畜产品生产逐渐转向“生态与生产并重、生态优先”，草原生产方式发生了根本性的变化。因此，有必要分析我国草原植物生产和动物生产特征及其时空动态、草原生产的经济效益以及世界草原生产的特点，为草原可持续利用这一国家战略提供决策依据。

广义的草原生产力指一个生产单元的草原在一个生产周期里为人类提供的生态服务总量。其中，生态服务包括人类可直接或间接消费的产品，或可消费的有形或无形产品，用固碳量、产草量、载畜量、旅游人数、货币等测度；生产单元包括全球或一个国家、县、乡、村、牧场、季节放牧地，或单位面积（如  $1 \text{ hm}^2$ ， $1 \text{ m}^2$ ）等不同空间尺度；生产周期多以年计，也有用天、月，或 10 年等不同时间尺度。狭义的草原生产力指草原提供特定生态服务的能力，常用牧草产量（第一性生产），本文还包括家畜生产力（第二性生产）。

## 二、我国草原的产草量

根据《中国草原发展报告（2011）》<sup>[1]</sup>和历年《全国草原监测报告》<sup>[2-9]</sup>，近十年来，全国草原产草量 2009 年最低，鲜草产量为  $9.38 \times 10^8 \text{ t}$ ；2011 年突破  $1.0 \times 10^9 \text{ t}$ ；2013 年鲜草总产量达到  $1.056 \times 10^9 \text{ t}$ ，折合干草约  $3.25 \times 10^8 \text{ t}$ ，均为 2005 年以来最高（见图 1）。

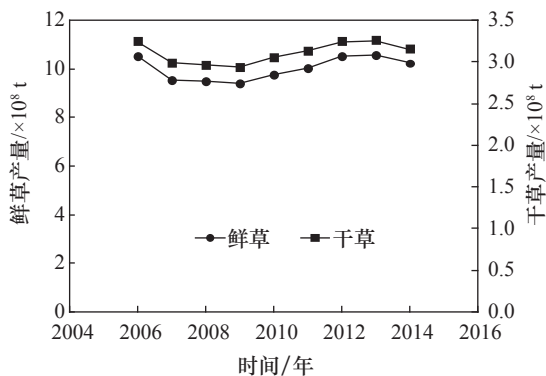


图 1 我国草原产草量动态

我国北方草原生产力与年降水量有显著的正相关关系。在年降水 50~700 mm 范围内，降水每增加 1 mm，产草量平均增加  $6.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ （见图 2）。

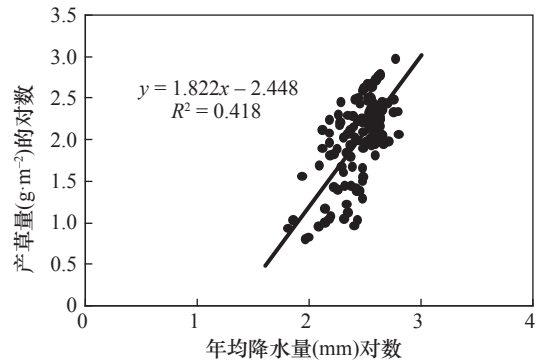


图 2 我国草原第一性生产力与年降水量的关系<sup>[10]</sup>

以往较长一段时间内，草原产草量变化表现出生态区域间差异。通过收集、分析大量报道的数据，过去 20 至 30 年或更长的时期，内蒙古草原西部产草量呈显著下降趋势，随着降水逐渐增加，东部的产草量变化趋于复杂。阿拉善荒漠定监测数据显示，1993—2008 年产草量呈逐年下降的趋势，年均降幅达  $6.11 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ；多个监测点调查数据也显示，1963—2013 年产草量年均减少  $14.26 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。乌兰察布荒漠草原 1984—2013 年产草量有上升的趋势，但是没有达到显著水平（ $P > 0.05$ ），年均增幅达  $14.31 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。锡林郭勒典型草原多点监测数据显示，1984—2013 年，产草量平均以每年  $42.62 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的速度下降；锡林浩特的数据表现相同的趋势，年降幅达  $24.33 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ；但是乌审旗和西乌珠穆沁旗的监测数据则表明产草量略有增加，但不显著（ $P > 0.05$ ）。呼伦贝尔草甸草原两个长期观测点的产草量表现出截然相反的变化：1985—1995 年，陈巴尔虎旗产草量呈现年均  $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的递减趋势（ $P < 0.05$ ），鄂温克旗的产草量平均以  $111.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的速度递增（ $P > 0.01$ ）。

青藏高原若尔盖高寒草甸 2006—2011 年产草量平均以  $40.03 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的速度下降；1984—2009 年，贵南高寒草原的产草量无明显变化趋势，若尔盖高寒草原则年均降幅达  $34.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ；1994—2004 年，格尔木高寒荒漠产草量以每年  $22.81 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的速度上升，但趋势不显著。2001—2010 年，天山北坡山地荒漠草原和山地草原化荒漠年均增速为  $7.22 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

和  $4.44 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，而山地草原和低地草甸草原年均降幅为  $2.22 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  和  $11.11 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

实测数据表明，过去的 30 余年，我国草原产草量总体下降，局部变化不显著，近 5 年来有持续增长恢复的趋势。基于气候的模型预测（见表 1），长期以来，一些草原类型生产力上升，尤其是国家实施重大草原生态工程以来，模型预测值与草原现实情况的差异体现出草原利用与管理对于生产力的重要性。

### 三、草原与家畜生产的关系

世界各国草原面积与国内生产总值（GDP）、肉产量、草食家畜肉产量显著正相关（见图 3a~图 3c）。草原面积每增加  $1 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ，国内生产总值平均提高 1.22 万亿美元，肉产量平均上升  $1.897 \times 10^7 \text{ t}$ ，草食家畜肉产量提高  $4.686 \times 10^6 \text{ t}$ 。草食家畜肉产量与肉总产量的比值分别与草原面积 / 国土面积比值、草原面积 / 农业用地面积比值正相关（见图 3d 和图 3e）。

根据联合国粮农组织（FAO），按照人均国内生产总值将世界各国分为：高收入国家，人均年国

内生产总值  $> \$20\,000$ ，即发达国家；中等收入国家，人均年国内生产总值  $\$1\,000 \sim \$20\,000$ ，即发展中国家；低收入国家，人均年国内生产总值  $< \$1\,000$ ，即贫穷国家。根据耕地 / 草地与家畜的关系，全世界的家畜生产系统可划分为四类：以天然草原放牧为主的草原-家畜系统，以栽培草地放牧为主的草田轮作-畜系统，以耕地种草放牧 / 舍饲为主的作物-家畜系统，以购买饲料舍饲为主的家畜专门化生产系统。全球 24.1 % 的牛肉和 31.9 % 的羊肉来自以草原为基础的家畜生产系统；包括较为普及的草原放牧-农区育肥系统以耕地为基础的系统生产了 69.5 % 的牛肉和 67.2 % 的羊肉；55.5 % 的猪肉和 71.6 % 的禽肉来自以饲料为基础的舍饲系统（见图 4a）。发展中国家 31.7 % 的牛肉和 27.1 % 的羊肉来自草原，发达国家则分别为 16.1 % 和 44.1 %；发展中国家耕地系统生产了 67.6 % 的牛肉和 71.7 % 的羊肉，发达国家生产了 71.5 % 的牛肉和 55.8 % 的羊肉。发达国家和发展中国家分别有 12.4 % 和 0.6 % 的牛肉来自以饲料为基础的舍饲系统；发展中国家有 1.2 % 的羊肉完全依靠饲料舍饲，发达国家则没有（见图 4b 和图 4c）。

高收入国家草原占农业用地的比例较低；中等

表 1 模型模拟的我国部分草原生产力动态

| 草原类型   | 地点                            | 模型                                  | 结果   |
|--------|-------------------------------|-------------------------------------|--|
| 草甸草原   | 内蒙古额尔古纳右旗                     | CENTURY                             | 过去 50 年，草原地上净初级生产力（ANPP）总体增速为每 10 年 $163 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。地上净初级生产力在波动中增加，持续到 1997 年；1997—2007 年，下降明显；2007 年后，迅速增加。最近 10 年，地上净初级生产力的剧烈波动主要由于气温升高和降水减少共同作用；2008 年最高，为 $3\,533 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ；2007 年最低，为 $75.8 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ [11,12] |
| 典型草原   | 内蒙古锡林浩特                       | CENTURY                             | 地上净初级生产力年际间波动明显，特别是 1967—1983 年和 1998—2007 年；最大值在 1975 年，为 $4\,037 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，最小值在 1980 年，为 $210 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。整体上，每 10 年下降 $117 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ [13]  |
| 荒漠草原   | 内蒙古锡林郭勒西部，二连浩特，乌兰察布、包头、巴彦淖尔北部 | Thamthwaite Memorial                | 气候生产力 $331.60 \sim 753.49 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，平均为 $511.21 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。区域差异性大，北部在 $480 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以下，高值与低值相差 $421.89 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ [14]  |
| 高寒草甸   | 青海三江源                         | Thamthwaite Memorial                | 地上净初级生产力平均约 $4\,814.35 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，时空变化不均衡。2002—2010 年呈线性增加趋势，2006 年后尤其明显 [15,16]  |
| 高寒草原   | 新疆巴音布鲁克                       | 北京模型<br>综合植被模型<br>草原综合顺序分类法（CSCS）模型 | 地上净初级生产力（ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ）排序：综合植被模型（ $3\,054 \pm 108$ ）> 草原综合顺序分类法模型（ $1\,850 \pm 92$ ）> 北京模型（ $1\,532 \pm 32$ ）> 实测值（ $603 \pm 46$ ） [17-21]  |
| 高寒荒漠草原 | 西藏尼玛县                         | 卡耐基埃姆斯斯坦福方法（CASA）模型                 | 年均地上净初级生产力为 $1\,126 \sim 1\,299 \text{ kg}\cdot\text{C}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，呈波动上升趋势 [22-24]   |

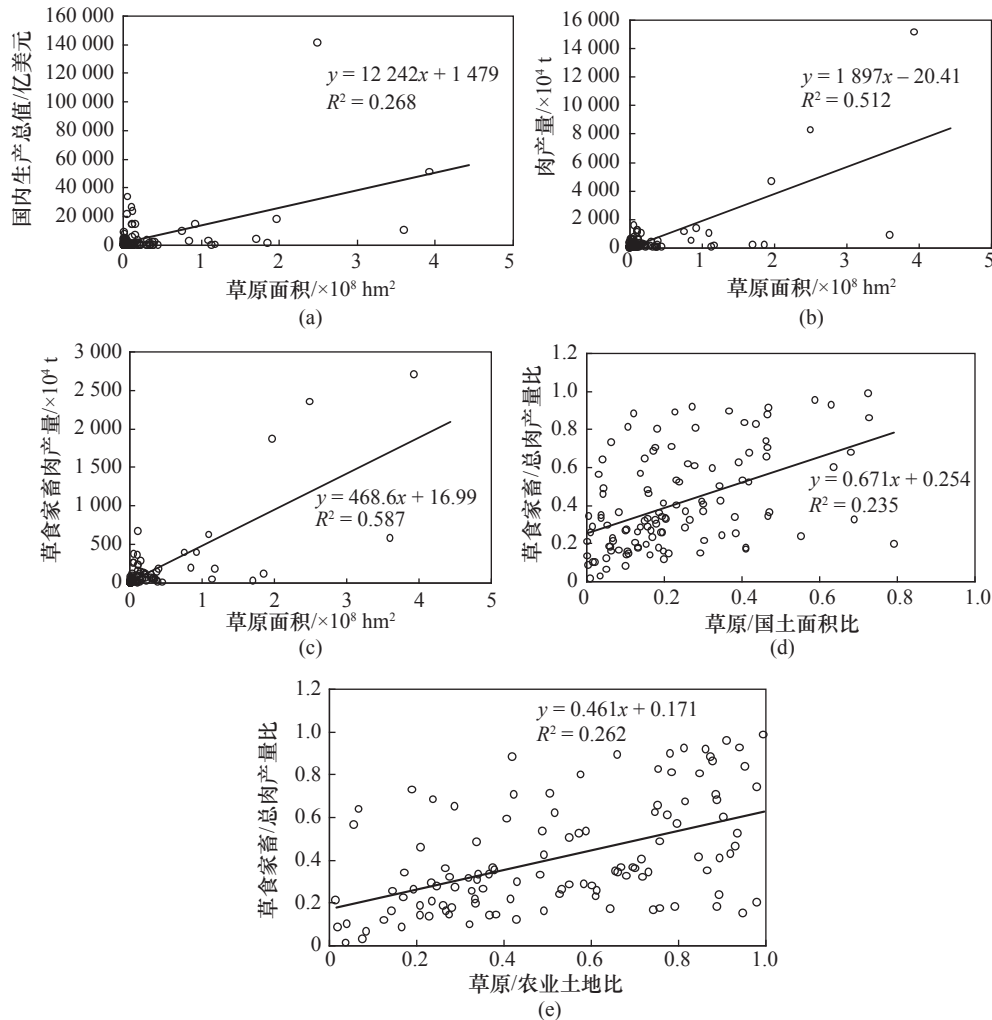


图3 世界各国草原面积与家畜生产的关系

注：数据来源于联合国粮农组织（FAO）统计数据库 (<http://faostat3.fao.org/home/E>)。

收入国家次之，接近世界平均水平；低收入国家这个比例较高（见图5a）。草原既是重要的生产资料，也是环境严酷的标志，这是国家贫穷的原因之一，但不是最重要原因。事实上，美国的草原与农业用地的比例超过50%，澳大利亚超过33.3%；我国的草原面积也超过农业用地的70.0%，超过世界水平55.3%。与此相反，高收入国家栽培草地占农业用地面积比例、栽培草地与草原面积的比例均较高，中等收入国家居中，低收入国家较低；我国这两项指标分别只有世界平均水平的54.2%和34.9%。

人均肉产量和人均草食畜产品产量在高收入国家最高，而低收入国家最低，分别只有高收入国家的11.4%和22.6%；我国人均肉产量高于世界平均水平40.6%，但人均草食畜肉类产量仅为世界平均的85.4%（见图5b）。低收入国家草原家畜产品生产能力分别只有高收入国家和中等收入国家的

37.3%和71.9%。草地生产力和肉类畜牧业生产所占农业生产总值平均随人均国内生产总值增加而增加（见图5c）；中等收入地区栽培草地占天然草地的面积比例和人均畜产品产量显著低于世界平均水平，像我国一样处于食物结构转型期且具较大发展潜力，未来畜产品尤其是草食畜产品消费潜力上升空间巨大，因此，这些地区的栽培草地面积和畜产品生产有扩大的必要性。在贫穷地区，由于侧重于作物生产，温饱问题尚未解决。

农业土地对全世界畜产品生产贡献，最大者为耕地，贡献率为57.93%，其中35.41%来自栽培草地；其次是草原为40.08%，林地贡献较小，这其中草原和栽培草地贡献了75.49%的畜产品（见表2）。在高收入国家，肉类生产更多地依靠耕地和林地，因为林地开垦后适宜种植作物、尤其是饲草作物，如英国等欧洲国家和新西兰；或林下种草适

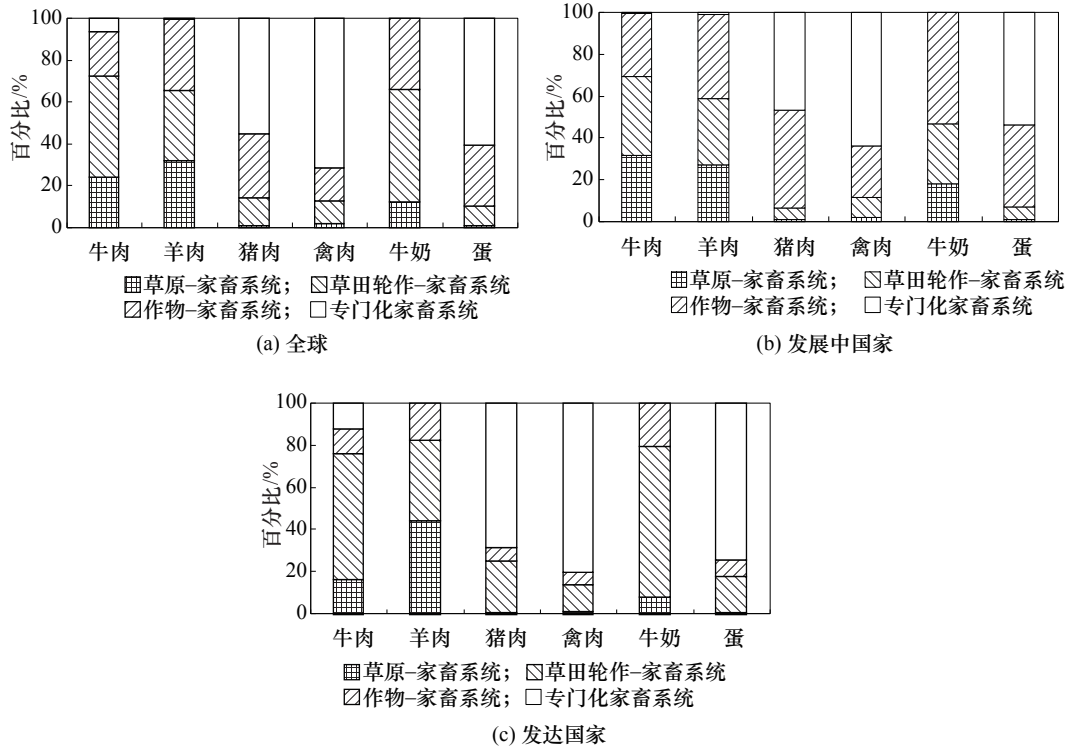


图4 世界家畜生产系统结构

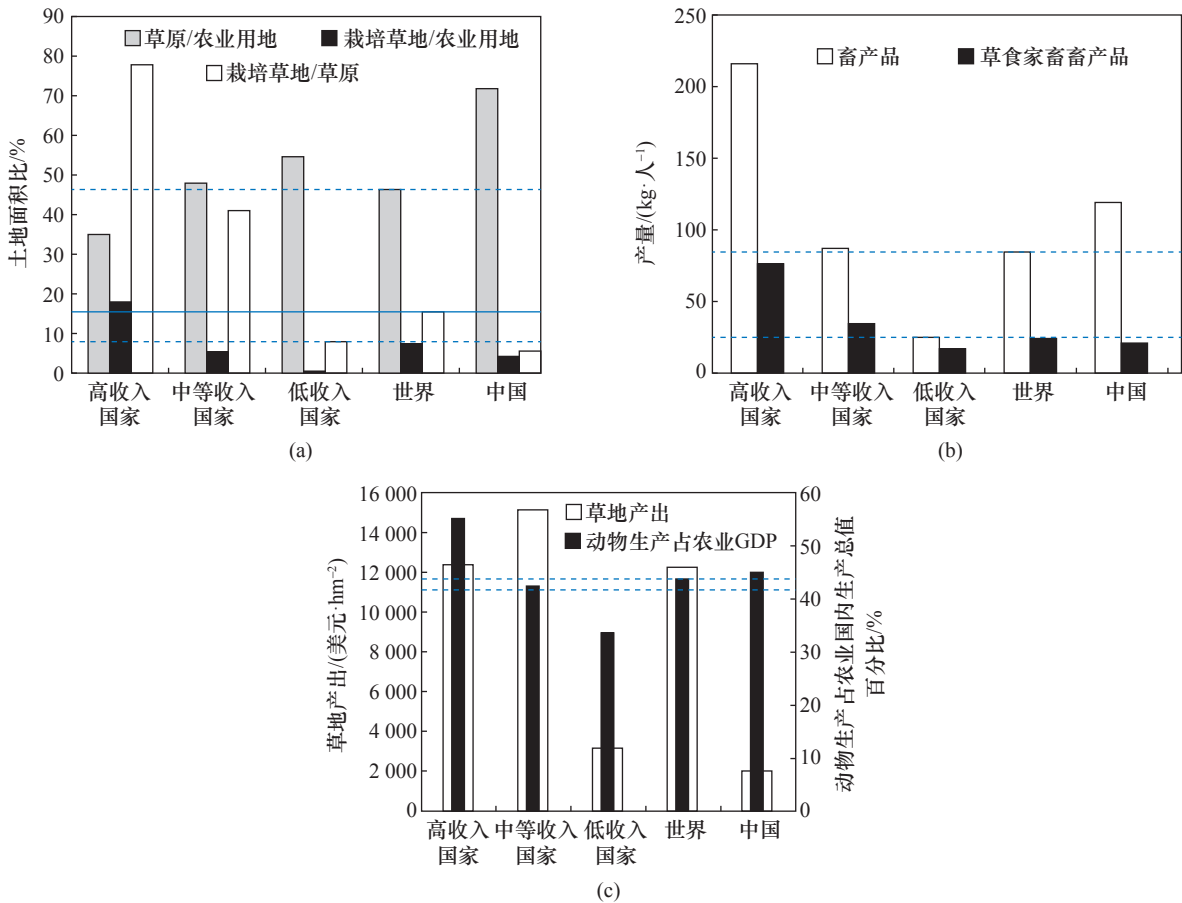


图5 世界草原生产现状

宜放牧,如美国和澳大利亚;草原贡献较小,原因是美国、澳大利亚、加拿大等面积广大的国家草原放牧-农区育肥生产模式较为普遍,而且草原开垦的部分是其作物主产区,譬如美国、加拿大的小麦带和玉米带,澳大利亚的小麦带。中等收入国家肉类生产主要依托草原,耕地其次;低收入国家家畜生产主要来自于耕地,其次是草原,这是因为家畜在草原放牧后,主要依靠耕地生产的作物副产品。

全球草食家畜的肉类生产主要来自耕地,贡献率为 58.08%,其中 20.53%来自栽培草地,草原贡献率为 41.16%,草原和栽培草地生产了 61.69%的草食家畜产品(见表 2)。但是,高收入国家的草食家畜生产主要利用耕地种植饲草作物,这些耕地主要来自林地开垦,如美国中东部的玉米带、新西兰、西欧和北欧的奶牛和肉羊主产区。在中等收入国家,草食家畜生产主要来自草原,贡献率为 66.93%;而低收入国家的耕地贡献了绝大多数的草食家畜肉类,草原的直接贡献微弱,如非洲。然而,在发展中国家,草原放牧家畜向作物地转移养分是维持耕地生产力的重要基础,这是作物/草原-家畜综合生产系统物质与能量平衡的关键机制之一<sup>[25]</sup>,尼泊尔草原与耕地面积比为 3:1、西非草原/耕地比旱季为 10:1~40:1 或雨季为 3:1~10:1 可满足 30

至 40 年作物生产的营养需求,草原输出的养分由矿化作用、生物固氮和大气沉降补充;我国黄土高原的草原-家畜生产系统,草原产出中畜产品仅占 46.4%,畜力和粪便占一半以上,都流向了耕地<sup>[26]</sup>。可见,在发展中国家,耕地生产的畜产品仍有相当比例间接来自草原的贡献。

全球无论是家畜总的肉类生产、还是草食家畜的肉类生产,均可用耕地、栽培草地、草原和林地面积很好地预测(见表 3)。

无论全国尺度,还是牧区、半农半牧区或农区等区域尺度,我国肉类生产和草食家畜肉类生产贡献最大者均为耕地。然而,草原对肉类生产的贡献在各个地区均不容忽视。需要注意的是,半农半牧区林地对草食家畜肉类生产的贡献超过草原,原因是林下放牧,这类土地历史上作为放牧地使用,等同于草原<sup>[27]</sup>。其他未明确因素对我国肉类生产的贡献远高于世界水平,与我国饲料进口量大致相符(见表 4)。我国肉类总产量和草食家畜肉类产量可以用耕地、林地和草地面积很好地预测。

#### 四、我国草原的家畜生产

2013 年,我国牛肉和羊肉产量分别为  $6.74 \times 10^6$  t

表 2 世界农业土地对肉类生产的贡献率 (%)

|      | 肉类生产  |       |        |       | 草食家畜肉类生产 |       |        |       |
|------|-------|-------|--------|-------|----------|-------|--------|-------|
|      | 世界    | 高收入国家 | 中等收入国家 | 低收入国家 | 世界       | 高收入国家 | 中等收入国家 | 低收入国家 |
| 耕地   | 22.52 | 79.13 | 11.55  | 90.93 | 37.55    | 83.17 | 20.66  | 94.01 |
| 林地   | 0.89  | 14.25 | 1.05   | 0.42  | 0.00     | 14.84 | 0.24   | 0.06  |
| 草原   | 40.08 | 6.38  | 67.35  | 3.53  | 41.16    | 0.27  | 66.93  | 1.76  |
| 栽培草地 | 35.41 | 0.00  | 18.67  | 3.28  | 20.53    | 1.35  | 10.95  | 2.09  |
| 其他   | 1.11  | 0.25  | 1.37   | 1.85  | 0.77     | 0.38  | 1.21   | 2.08  |

表 3 畜产品生产预测

|        | 发展水平   | 预测模型   | $R^2$ | $P$   |
|--------|--------|--|-------|-------|
|        |        |  |       |       |
| 总肉类    | 世界     | $Y = -177.854 + 0.230X_1 - 0.011X_2 + 0.108X_3 + 1.358X_4$ | 0.687 | 0.000 |
|        | 高收入国家  | $Y = 193.224 + 0.715X_1 - 0.073X_2 - 0.044X_3 - 0.001X_4$  | 0.985 | 0.000 |
|        | 中等收入国家 | $Y = -331.165 + 0.187X_1 - 0.013X_2 + 0.180X_3 + 1.100X_4$ | 0.714 | 0.000 |
|        | 低收入国家  | $Y = -8.705 + 0.195X_1 + 0.009X_2 - 0.018X_3 - 0.607X_4$   | 0.754 | 0.000 |
| 草食家畜肉类 | 世界     | $Y = -23.627 + 0.067X_1 + 0.0001X_2 + 0.025X_3 + 0.232X_4$ | 0.796 | 0.000 |
|        | 高收入国家  | $Y = 33.438 + 0.162X_1 - 0.016X_2 + 0.002X_3 + 0.109X_4$   | 0.986 | 0.000 |
|        | 中等收入国家 | $Y = -46.755 + 0.050X_1 + 0.001X_2 + 0.036X_3 + 0.168X_4$  | 0.778 | 0.000 |
|        | 低收入国家  | $Y = -5.671 + 0.142X_1 - 0.003X_2 - 0.009X_3 - 0.347X_4$   | 0.749 | 0.000 |

注:  $Y$  为肉产量 ( $\times 10^4$  t),  $X_1$  为耕地 ( $\times 10^4$   $\text{hm}^2$ ),  $X_2$  为森林 ( $\times 10^4$   $\text{hm}^2$ ),  $X_3$  为草原 ( $\times 10^4$   $\text{hm}^2$ ),  $X_4$  为栽培草地 ( $\times 10^4$   $\text{hm}^2$ )

和  $4.08 \times 10^6$  t, 占全国肉类总产量的 12.7%。其中, 牧区牛肉和羊肉产量分别超过全国总产量的 1/3 和 1/2, 而且牧区牛羊肉产量及其占全国牛羊肉产量的比例呈上升趋势; 农区牛、羊存栏量比十年前分别下降了 45% 和 34%。若我国草原放牧家畜出栏率平均按 65.8% 计算, 屠宰率平均按 52% 计算, 当前全国草原年实际产肉  $4.376 \times 10^6$  t, 占全国肉类总产量的 5.1%, 占全国牛羊肉总产量的 40.4%。

草原的家畜生产水平与湿润度  $k$  值 (年降水量  $\times 10/$  年  $\geq 0$  °C 积温) 显著正相关, 除高寒地区外的世界其他地区, 在  $k \leq 4.5$  范围内,  $k$  值每增加 1, 家畜生产力提升  $8.705 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 相当于放牧率增加 0.387 个羊单位  $\cdot \text{hm}^{-2}$  (见图 6a); 在高寒地区, 在  $k \leq 5$  范围内,  $k$  值每增加 1, 草原生产力提升  $3.788 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 相当于载畜量增加 0.168 个羊单位  $\cdot \text{hm}^{-2}$  (见图 6b)。草原的动物生产水平以亚热带森林灌丛放牧系统和热带森林灌丛放牧系统最高, 一般在  $20 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$  以上, 多数区域超过  $35 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 部分在  $45 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$  以上; 荒漠放牧系统生产力绝大多数区域低于  $5 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 最高不超过  $10 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

放牧研究表明, 草原载畜量以亚热带森林灌

丛放牧系统较高 (见表 5), 荒漠放牧系统较低。2006—2014 年, 我国草原载畜能力 ( $Y$ , 亿头) 与超载率 ( $X_1$ , %) 极显著负相关关系 ( $Y = -0.014X_1 + 2.808, R^2 = 0.787, P = 0.003$ ), 与火灾次数 ( $X_2$ , 次  $\cdot$  年 $^{-1}$ ) 和虫害面积 ( $X_3, 10^4 \text{ ha}$ ) 显著负相关 ( $Y = -0.001X_2 + 3.307, R^2 = 0.611, P = 0.017; Y = 5.067 - 0.352 \ln X_3, R^2 = 0.504, P = 0.048$ ), 可以用  $Y = 33.869 - 2.633X_1 - 1.879X_2 - 0.128X_3 (R^2 = 0.895, P = 0.020)$  预测。

根据我国草原适宜的家畜生产力的分布, 适宜放牧利用下, 我国草原家畜生产能力平均为  $18.04 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 总计达  $6.35 \times 10^9 \text{ APU}$ , 占世界的 7.3% (见表 6)。全国草原单纯依靠放牧每年可产肉  $2.959 \times 10^6$  t, 占全国肉类总产量的 3.5%, 占全国牛羊肉总产量的 27.4%。

2005 年以来, 全国草原载畜能力 2009 年最低约为 23 098.8 万羊单位, 此后持续增加, 2013 年最高约为 25 579.2 万羊单位 (见图 7a)。全国重点草原超载率 2009 年达到最高, 半牧区超载率总体上高于牧区 (见图 7b)。

新中国成立以来, 我国草原的家畜生产呈指数上升趋势, 但是草原类型之间有显著差异。以内蒙古自治区为例, 总国内生产总值、农业国内生

表 4 我国农用地对肉类生产的贡献率<sup>[27, 28]</sup>

(%)

|    | 肉类生产  |       |       |       | 草食家畜肉类生产 |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
|    | 全国    | 牧区    | 半农半牧区 | 农区    | 全国       | 牧区    | 半农半牧区 | 农区    |
| 耕地 | 83.96 | 67.68 | 69.90 | 92.37 | 66.43    | 52.76 | 81.49 | 72.28 |
| 林地 | 3.21  | 4.85  | 3.47  | 1.70  | 3.91     | 10.11 | 11.14 | 9.74  |
| 草原 | 7.75  | 20.55 | 13.39 | 0.69  | 27.77    | 31.96 | 1.06  | 16.04 |
| 其他 | 20.58 | 6.93  | 40.02 | 10.02 | 9.72     | 5.17  | 6.31  | 21.41 |

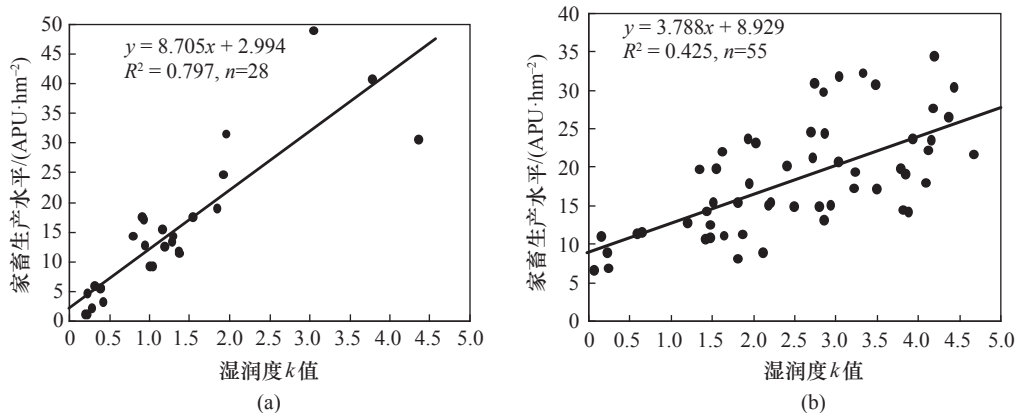


图 6 草原家畜生产最适水平与湿润度的关系

注: 高寒地区根据文献 [29] 的放牧试验数据测算。

表5 我国草原适宜的放牧率

| 地点与草原类型   | 适宜放牧率/(羊·hm <sup>-2</sup> )         |
|-----------|-------------------------------------|
| 天山西部山地草原  | 0.32 <sup>[31]</sup>                |
| 祁连山中部高寒草原 | 0.73 <sup>[32]</sup>                |
| 玛曲高寒草甸    | 2.33 <sup>[30]</sup>                |
| 藏北高寒草原    | 生长季 <2.4 <sup>[33]</sup>            |
| 四子王旗荒漠草原  | 1.03 <sup>[34]</sup>                |
| 盐池典型草原    | 1.32 <sup>[35]</sup>                |
| 环县典型草原    | 0.77 <sup>[26]</sup>                |
| 锡林郭勒典型草原  | 生长季, 平地 <4.5, 坡地 <3 <sup>[36]</sup> |
| 粤北岩溶山区灌丛  | 4.90 <sup>[37]</sup>                |

注: 草地类型根据草原综合顺序分类法划分

表6 我国草原的生产潜力

| 草原类型    | 适宜生产力/(APU·hm <sup>-2</sup> ) | 生产潜力/×10 <sup>8</sup> APU |
|---------|-------------------------------|---------------------------|
| 冻原高山草原  | 15.21                         | 17.68                     |
| 荒漠      | 3.36                          | 1.79                      |
| 半荒漠草原   | 8.66                          | 5.62                      |
| 典型草原    | 15.15                         | 5.98                      |
| 草甸草原    | 20.71                         | 6.00                      |
| 温带森林灌丛  | 28.88                         | 12.31                     |
| 亚热带森林灌丛 | 28.68                         | 13.47                     |
| 热带森林灌丛  | 23.67                         | 0.65                      |
| 总计      | —                             | 63.50                     |

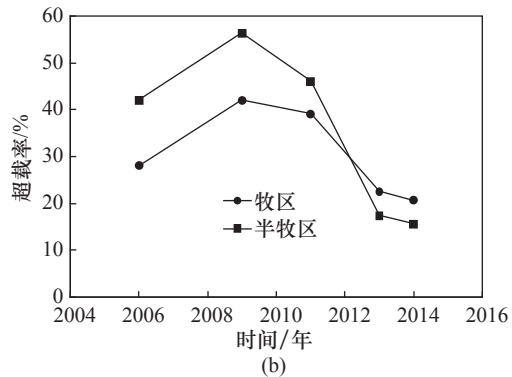
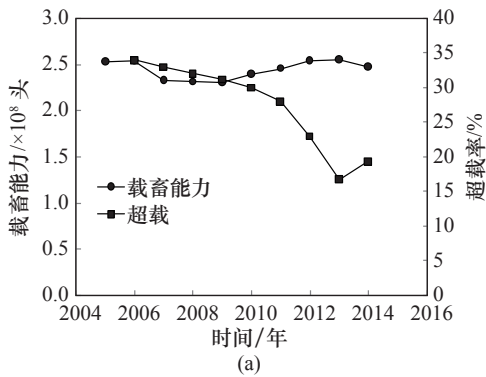


图7 我国重要草原超载动态

注: 数据来源于农业部和部分省市草原监测报告。[1-9, 38-48]

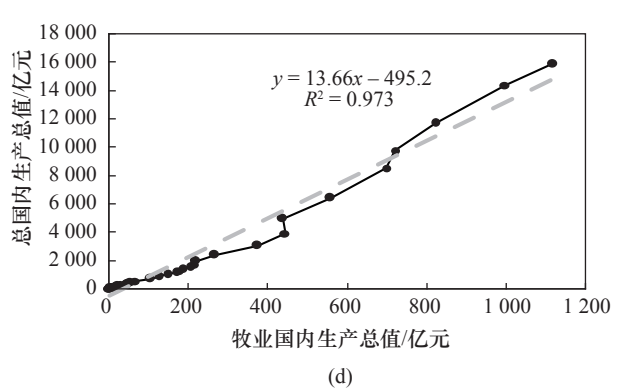
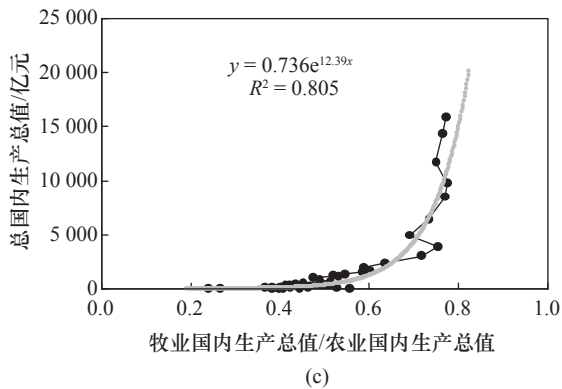
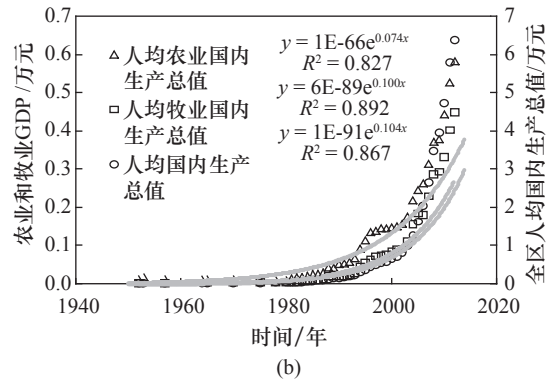
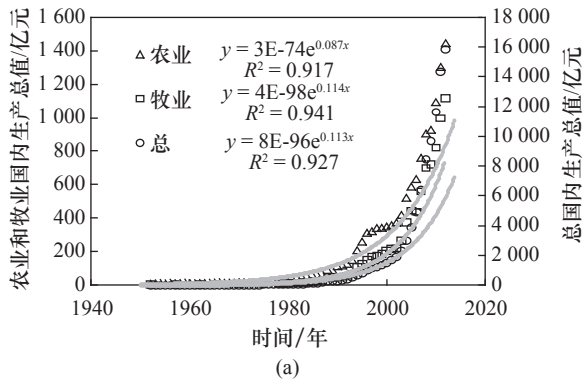


图8 内蒙古自治区草原畜牧业生产现状<sup>[49]</sup>



产总值、牧业国内生产总值及其人均国内生产总值均呈指数增长（见图 8a 和图 8b）；总国内生产总值与牧业国内生产总值线性相关极显著，随着牧业国内生产总值/农业国内生产总值的比例指数上升（见图 8c）。牧业国内生产总值增速超过农业和总国内生产总值；人均牧业产值增速虽高于农业整体，但低于全区整体。总国内生产总值随牧业国内生产总值变化而变化，且在牧业国内生产总值达 700 亿元时具有明显的拐点（见图 8d）。

2002—2012 年，内蒙古自治区四种主要草原类型家畜承载量典型草原最高，平均高于草甸草原 48.1% 和 159.2%，是荒漠的 28.8 倍；单位面积肉生产能力平均分别超过草甸草原、荒漠草原和荒漠 68.9%、189.7% 和 58.4%，典型草原、草甸草原和荒漠草原产肉能力分别以每年  $0.935 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $0.376 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  和  $0.335 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  的速度递增；四类草原单位面积的产值呈指数增长，增幅依次为典型草原、荒漠草原、荒漠和草甸草原（见图 9a）。单位产肉量的经济效益则是典型草原最高，草甸草原次之，荒漠草原最小（见图 9b），说明典型草原家畜生产力

提升具有较高的经济回报（见图 9c 和图 9d）。

新疆维吾尔自治区人均生产总值、人均农业生产总值、牧业生产总值和肉类总产量均是半农半牧区最高；草食家畜肉类产量占肉类总产量的比例和牧业产值占农业总产值的比例均是牧区最高，农区最低（见图 10）。

青海省牧区人均产奶量和人均产肉量分别是半农半牧区的 3.7 倍和 2.5 倍，半农半牧区人均产奶量年增幅是牧区的 2.5 倍，而且其人均产肉量平均以  $10.1 \text{ kg}$  的年增幅上升，而牧区的增加趋势不明显；牧区人均牧业国内生产总值是半农半牧区的 2.7 倍，两者均呈显著上升趋势，牧区的年增幅是半农半牧区的 1.8 倍（见图 11）。

近十年来，内蒙古自治区半农半牧区牛羊肉产量 2004 年超过牧区，2009 年达到峰值，此后逐渐下降，与全国趋势略有差异；然而，牧区牛羊肉产量仍缓慢上升；牧区牛羊饲养量低于半农半牧区，近十年变化不大，2009 年后半农半牧区牛羊饲养量不再增长；牧区单位家畜的牛羊肉生产效率平均高于半农半牧区 27.9%，牧区和半农半牧区的生产效

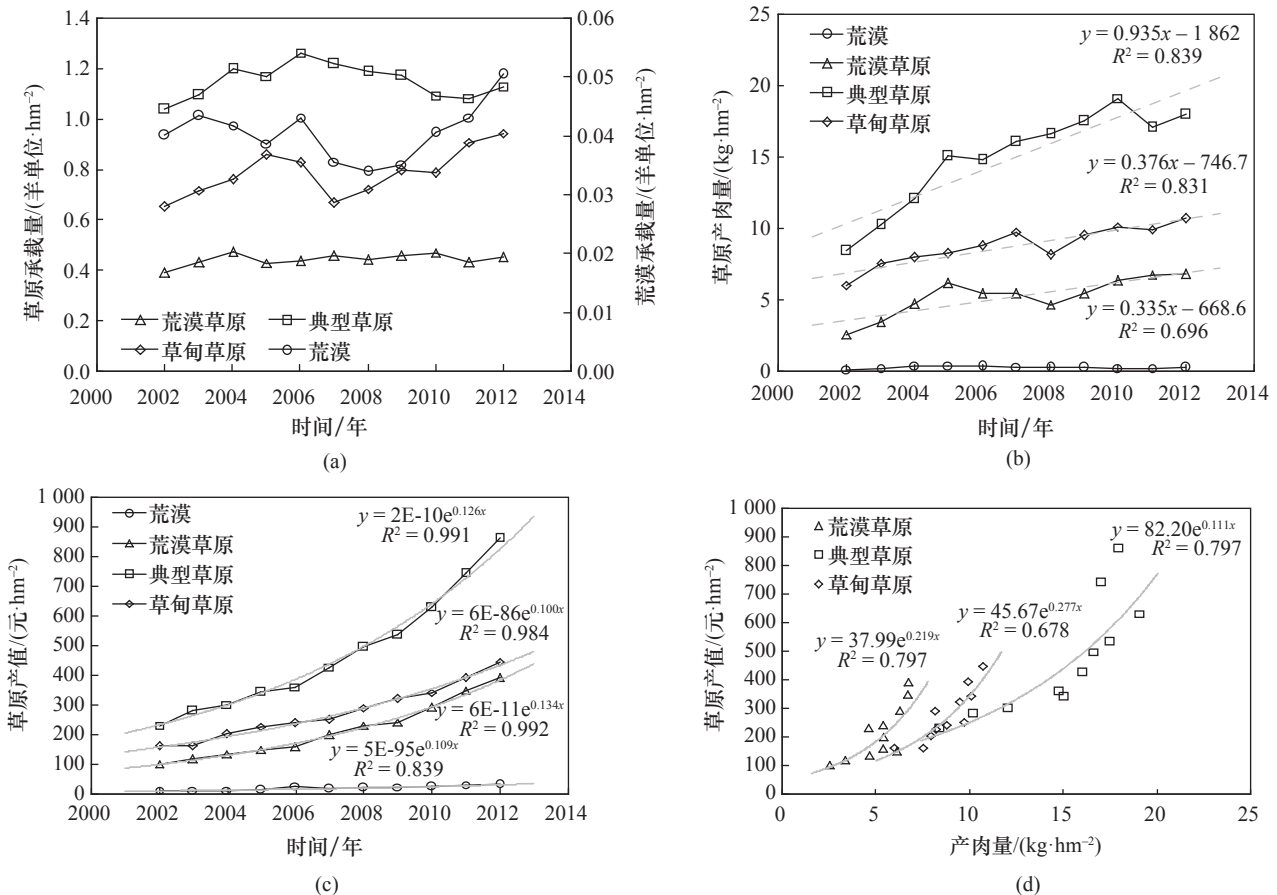


图 9 内蒙古自治区草原生产动态

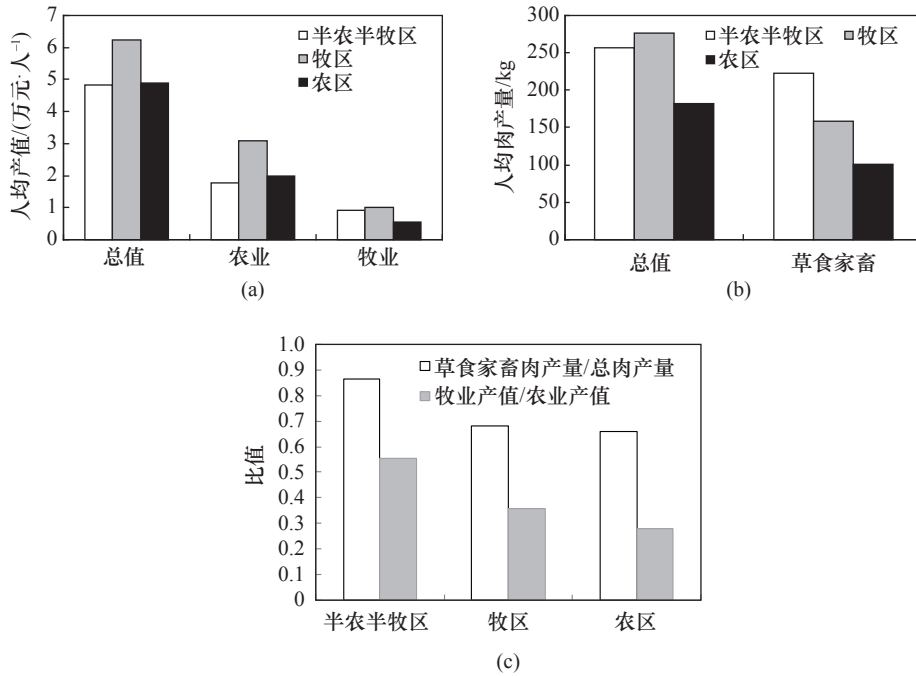


图 10 新疆维吾尔自治区家畜生产情况

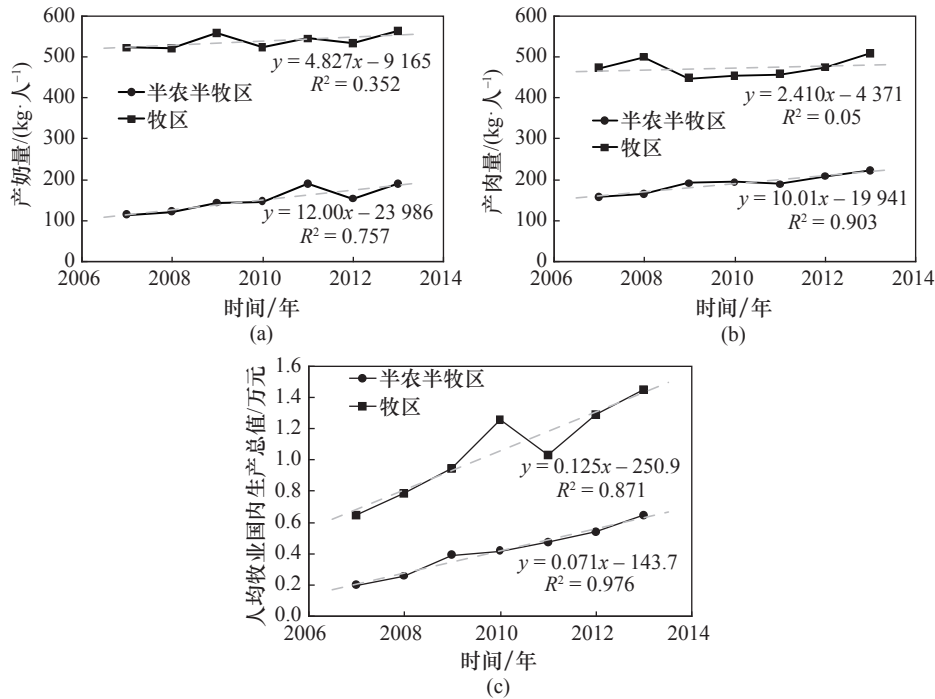


图 11 青海省牧业家畜生产情况

率分别在 2009 年和 2010 年达到最高；2020 年半农半牧区和牧区人均国内生产总值较为接近，此后两者均呈指数增长，差距逐渐拉大，牧区和半农半牧区的人均牧业国内生产总值也呈指数上升，均是牧区较高（见图 12）。

我国草原放牧系统动物生产的总体水平与美国和澳大利亚等高收入国家相比，荒漠不到 1/3，典型草原约为 1/3~2/3，草甸草原不到 2/3，差距明显（见表 7）。但是，改进后，荒漠的生产水平超过高收入国家的一半，典型草原为 50%~90%，草甸草原则

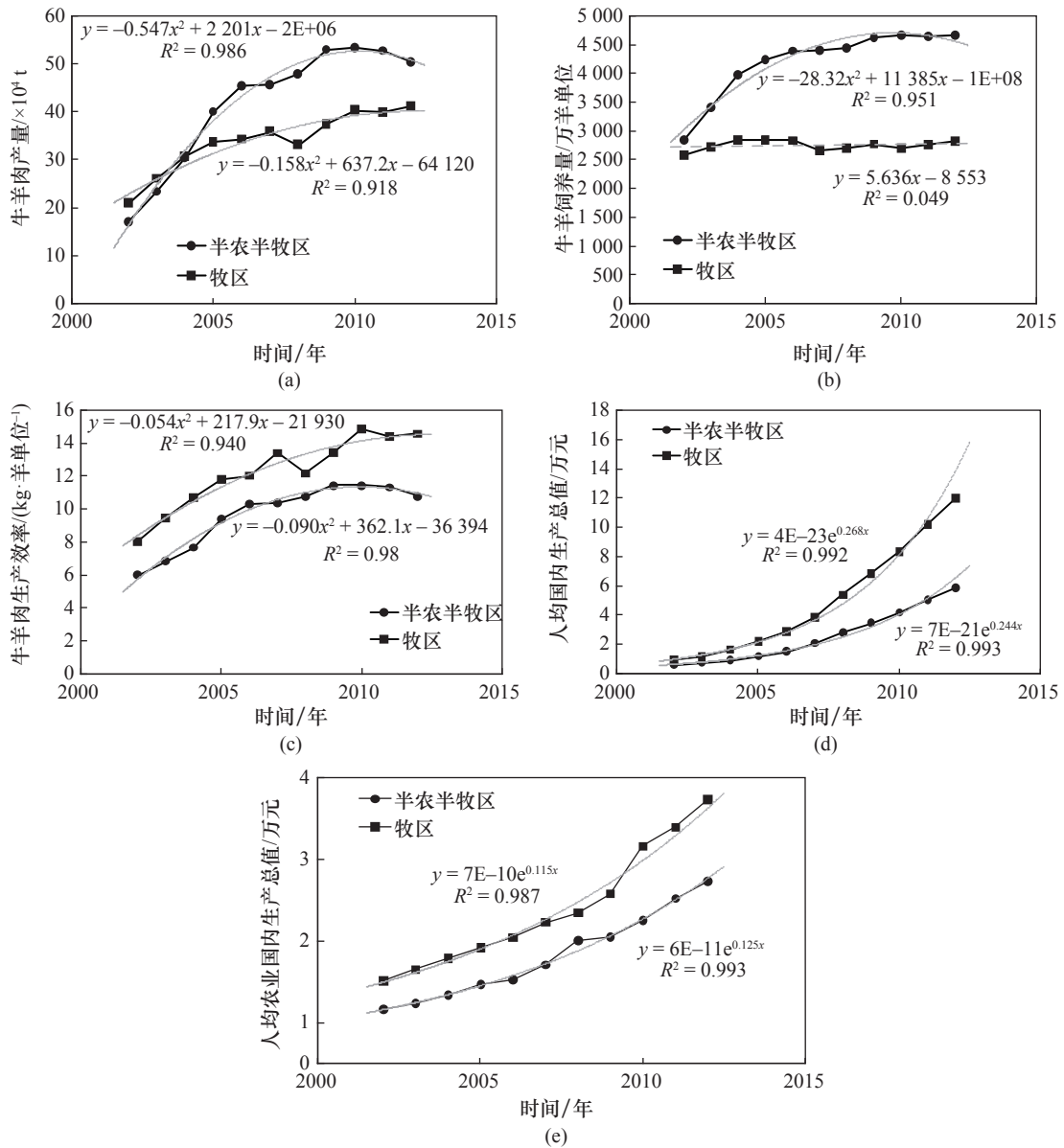


图 12 内蒙古自治区牧业家畜生产情况

能够达到高收入国家水平，差距可以大幅度缩小。由此可见，我国草原生产力水平如果接近高收入国家水平，增产潜力约为 50%~200%，即年增产牛羊肉  $2.184 \times 10^6 \sim 8.734 \times 10^6$  t，关键是全面实行草原畜牧业的现代化转型，以划区轮牧为核心，配合基础设施和社会保障系统等建设，建成人-草地-家畜的草原生态系统<sup>[48,49]</sup>。

### 五、结语

过去 30 余年，我国草原产草量很多地区呈现连年下降的趋势，也有部分地区变化不显著。2013 年，

全国草原鲜草产量达到峰值  $1.056 \times 10^9$  t。我国北方草原生产力严重依赖于降水量，在年降水为 50~700 mm 范围内，降水每增加 1 mm，产草量平均上升  $5.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

世界各国草原面积与国内生产总值、肉产量、草食家畜肉产量显著正相关，全球 24.1% 的牛肉和 31.9% 的羊肉来自草原。高收入国家草原占农业用地的比例较低，中等收入国家次之，极端低收入国家比例较高，表明极端低收入国家生态环境严酷，可耕地较少，而草原开垦也是发展过程中难以避免的趋势。低收入国家草原家畜承载量分别高出高收入国家和中等收入国家 87.4% 和 66.4%，但畜产

表 7 我国部分放牧系统与国外类似系统的生产力比较

| 草原类型      | 地点         | 生产力/(APU·hm <sup>-2</sup> ) |       |
|-----------|------------|-----------------------------|-------|
|           |            | 现状                          | 改进后   |
| 极干荒漠类     | 澳大利亚乌美拉    | 2.90                        | —     |
|           | 中国阿拉善左旗    | 1.66                        | 2.16  |
| 微温微干典型草原类 | 美国东海伦娜     | 46.16                       | —     |
|           | 中国环县       | 17.30                       | 23.92 |
|           | 中国锡林浩特     | 31.60                       | 41.74 |
| 寒温微润草甸草原类 | 加拿大斯威夫特卡伦特 | 27.44                       | —     |
|           | 中国肃南       | 16.68                       | 27.72 |

品生产力分别只有两者的 37.3 % 和 71.9 %。耕地对世界畜产品生产贡献率为 57.93 %，其中 35.41 % 来自栽培草地，作物/草原-家畜综合生产系统中耕地的贡献还有相当比例来自草原提供的物质和能量；草原贡献率为 40.08 %，中等收入国家草原对肉类生产的贡献率为 67.35 %，草原生产功能向生态功能转变是国家发展的战略方向。

当前全国草原牧区年产肉达  $4.376 \times 10^6$  t，占全国肉类总产量的 5.1 %，占全国牛羊肉总产量的 40.4 %。湿润度  $k$  值每增加 1，高寒地区草原生产力提升  $3.788 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，其他地区提升  $8.705 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。我国草原生产能力平均为  $18.04 \text{ APU} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，总计达  $6.35 \times 10^9 \text{ APU}$ ，占全世界总量的 7.3 %<sup>[29]</sup>。如果通过草原畜牧业的现代化转型，提高草原生产力接近高收入国家水平，增产潜力约为 50 %~200 %，即年增产牛羊肉  $2.184 \times 10^6 \sim 8.734 \times 10^6$  t。全国草原单纯依靠放牧每年可产肉达  $2.959 \times 10^6$  t，占全国肉类总产量的 3.5 %，占全国牛羊肉总产量的 27.4 %。典型草原家畜承载力平均高于草甸草原和荒漠草原 48.1 % 和 159.2 %，产肉量超过 68.9 % 和 189.7 %；典型草原家畜承载力是荒漠的 28.8 倍，产肉量是荒漠的 58.4 倍。典型草原单位产肉量的经济效益最高，多途径地开展农牧耦合，可以提高草原经济产出。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部. 中国草原发展报告(2011)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.  
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Report on the Development of Grassland in China (2011) [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2013.
- [2] 农业部畜牧业司. 2014年全国草原监测报告[EB/OL]. [2015-04-14]. [http://www.moa.gov.cn/sjzz/scs/yjfx/201504/t20150414\\_4526567.htm](http://www.moa.gov.cn/sjzz/scs/yjfx/201504/t20150414_4526567.htm).  
Animal Husbandry Department, Ministry of Agriculture. Report on national grassland monitoring in 2014 [EB/OL]. [2015-04-14]. [http://www.moa.gov.cn/sjzz/scs/yjfx/201504/t20150414\\_4526567.htm](http://www.moa.gov.cn/sjzz/scs/yjfx/201504/t20150414_4526567.htm).
- [3] 中华人民共和国农业部. 2013年全国草原监测报告[R]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2014.  
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Report on national grassland monitoring in 2013 [R]. Beijing: Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2014.
- [4] 缪冬梅, 刘源. 2012年全国草原监测报告[J]. 中国畜牧业, 2013(8): 14-29.  
Miu D M, Liu Y. Report on national grassland monitoring in 2012 [J]. China Animal Husbandry Bulletin, 2013(8): 14-29.
- [5] 缪冬梅, 张院萍. 2011年全国草原监测报告[J]. 中国畜牧业, 2012(9): 18-32.  
Miu D M, Zhang Y P. Report on national grassland monitoring in 2011 [J]. China Animal Husbandry Bulletin, 2012(9): 18-32.
- [6] 中华人民共和国农业部. 2010年全国草原监测报告[N]. 农民日报, 2011-04-13.  
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Report on national grassland monitoring in 2010 [N]. Farmers Daily, 2011-04-13.
- [7] 中华人民共和国农业部. 2009年全国草原监测报告[N]. 农民日报, 2010-03-22.  
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Report on national grassland monitoring in 2009 [N]. Farmers Daily, 2010-03-22.
- [8] 中华人民共和国农业部. 2008年全国草原监测报告[N]. 农民日报, 2009-04-16.  
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Report on national grassland monitoring in 2008 [N]. Farmers Daily, 2009-04-16.
- [9] 中华人民共和国农业部. 2007年全国草原监测报告[EB/OL]. [2008-04-1]. [http://www.moa.gov.cn/zwl/m/zwdt/200804/t20080411\\_1013732.htm](http://www.moa.gov.cn/zwl/m/zwdt/200804/t20080411_1013732.htm).  
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Report on national grassland monitoring in 2007 [EB/OL]. [2008-04-1]. [http://www.moa.gov.cn/zwl/m/zwdt/200804/t20080411\\_1013732.htm](http://www.moa.gov.cn/zwl/m/zwdt/200804/t20080411_1013732.htm).
- [10] 苟晓伟, 常生华, 程云湘, 等. 中国北方不同类型草原近30年草地生物量年际动态及其与气候因子的关系[J]. 草业科学, 2016, 33(5).  
Gou X W, Chang S H, Cheng Y X, et al. Productivity of Rangeland across Climatic Factors over Last 30 Years, Northern China [J].

- Pratacultural Science, 2016, 33(5).
- [11] 张存厚, 王明玖, 张立, 等. 呼伦贝尔草甸草原地上净初级生产力对气候变化响应的模拟[J]. 草业学报, 2013, 22(3): 41-50.  
Zhang C H, Wang M J, Zhang L, et al. Simulation of the response of meadow grassland aboveground net primary productivity to climate change in Hulunbeier [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2013, 22(3): 41-50.
- [12] Parton W J, Mckeown B, Kirchner V, et al. Century Users' Manual [M]. NREL Publication, CSU, Fort Collins, Co., 1992.
- [13] 张存厚, 王明玖, 乌兰巴特尔, 等. 内蒙古典型草原地上净初级生产力对气候变化响应的模拟[J]. 西北植物学报, 2012, 32(6): 1229-1237  
Zhang C H, Wang M J, Ulam Battle, et al. Simulation of the response of typical grassland aboveground net primary productivity to climate change in Inner Mongolia [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2012, 32(6): 1229-1237.
- [14] 韩芳, 牛建明, 刘朋涛, 等. 气候变化对内蒙古荒漠草原牧草气候生产力的影响[J]. 中国草地学报, 2010, 32(5): 57-64  
Han F, Niu J M, Liu P T, et al. Impact of climate change on forage potential climatic productivity in desert steppe in Inner Mongolia [J]. Chinese Journal of Grassland, 2010, 32(5): 57-64.
- [15] 李惠梅, 张安录. 三江源草地气候生产力对气候变化的响应[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2014(1): 124-130.  
Li H M, Zhang A L. Response of grassland climatic productivity to climate change in Sanjiangyuan [J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2014, 1: 124-130.
- [16] Leith H. Modeling the primary productivity of the world [J]. Nature and Resources, 1972, 8(2): 5-10
- [17] 公延明, 胡玉昆, 阿德力·麦地, 等. 高寒草原对气候生产力模型的适用性分析[J]. 草业学报, 2010, 19(02): 7-13.  
Gong Y M, et al. Analysis of adaptation of a climate productivity model on alpine grassland [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2010, 19(2): 7-13.
- [18] 朱志辉. 自然植被净第一性生产力估计模型[J]. 科学通报, 1993(15): 1422-1426.  
Zhu Z H. Net primary productivity model of natural vegetation [J]. Chinese Science Bulletin, 1993, 15: 1422-1426.
- [19] 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(03): 193-200.  
Zhou G S, Zhang X S. Preliminary study on net primary productivity model of natural vegetation [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 1995, 3: 193-200.
- [20] 林慧龙, 王军, 徐震. 草地净第一性生产力与 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 年积温、湿润度指标间的关系[J]. 草业科学, 2005, 22(6): 8-10.  
Lin H L, Wang J, Xu Z. Study on grassland net primary productivity (NPP) model using  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  annual average cumulative temperature and moisture index [J]. Pratacultural Science, 2005, 22(6): 8-10.
- [21] Lin H L. A new model of grassland net primary productivity (NPP) based on the integrated orderly classification system of grassland[C]// Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, Fourth International Conference on, IEEE, 2009: 52-56.
- [22] 张镜铨, 祁威, 周才平, 等. 青藏高原高寒草地净初级生产力(NPP)时空分异[J]. 地理学报: 英文版, 2014, 24(2): 1197-1211.  
Zhang Y L, Qi W, Zhou C P, et al. Spatial and temporal variation of net primary productivity of Alpine Grassland in Qinghai-Xizang Plateau [J]. Journal of Geographical Sciences, 2014, 24(2): 1197-1211.
- [23] Piao S, Fang J, He J. Variations in Vegetation Net Primary Production in the Qinghai-Xizang Plateau, China, from 1982 to 1999 [J]. Climatic Change, 2006, 74(1): 253-267.
- [24] 高清竹, 万运帆, 李玉娥, 等. 基于CASA模型的藏北地区草地植被净第一性生产力及其时空格局[J]. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2526-2532.  
Gao Q Z, Wan Y F, Li Y E, et al. Grassland net primary productivity and its spatiotemporal distribution in Northern Tibet: A study with CASA model [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(11): 2526-2532.
- [25] 侯扶江, 南志标, 任继周. 作物一家畜综合生产系统[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 211-234.  
Hou F J, Nan Z B, Ren J Z. Integrated crop-livestock production system [J]. Acta Prataculturae Sinica. 2009, 18(5): 211-234.
- [26] Hou F J, Nan Z B. Improvements to rangeland livestock production on the Loess Plateau: A case study of Daliangwa village, Huanxian county [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2006, 15(suppl.): 104-110.
- [27] 侯扶江, 杨中艺. 放牧对草地的作用[J]. 生态学报, 2006, 26(1): 244-264.  
Hou F J, Yang Z Y. Effects of grazing of livestock on grassland [J]. Acta Ecologica Sinica. 2006, 26(1): 244-264.
- [28] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴2014 [DB/CD]. 北京: 中国统计出版社, 2014.  
Statistical Bureau of the people's Republic of China. China National Statistics Yearbook 2014 [DB/CD]. Beijing: China Statistics Press, 2014.
- [29] 孔亮, 宋毅. 中国畜牧业年鉴(2014)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.  
Kong L, Song Y. China animal husbandry Yearbook 2014 [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2014.
- [30] Sun Y, Angerer J P, Hou F J. Effects of grazing systems on herbage mass and live-weight gain of Tibetan sheep in Eastern Qinghai-Tibetan Plateau, China [J]. The Rangeland Journal, 2015, 37(2): 181-190.
- [31] 张建立, 张仁平, 锡文林, 等. 天山山地草原适宜放牧率评价体系初探——以新疆新源县为例[J]. 草业科学, 2010, 27(12): 5-10.  
Zhang J L, Zhang R P, Xi W L, et al. Evaluation system of determining optimal stocking rates of Tianshan mountain steppe—A case study in Xinyuan County, Xinjiang [J]. Pratacultural Science, 2010, 27(12): 5-10.
- [32] 侯扶江, 安玉峰. 祁连山高寒牧区甘肃马鹿产茸量的分析[J]. 中国农业科学, 2004, 35(10): 1269-1274.  
Hou F J, An Y F. Analysis on the production of young pilose antler of Gansu Wapiti in alpine pastoral area of Qilianshan Mountain [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 35(10): 1269-1274.
- [33] 干珠扎布, 郭亚奇, 高清竹, 等. 藏北紫花针茅高寒草原适宜放牧率研究[J]. 草业学报, 2013, 22(1): 130-137.  
Ganzhu Z B, Guo Y Q, Gao Q Z, et al. A study on optimal grazing rates in Stipa purpurea Griseb alpine grassland in Northern Tibet [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2013, 22(1): 130-137.
- [34] 韩国栋, 焦树英, 毕力格图, 等. 短花针茅草原不同载畜率对植物多样性和草地生产力的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(1): 182-188.

- Han G D, Jiao S Y, Bi L G T, et al. Effects of plant species diversity and productivity under different stocking rates in the *Stipa breviflora* Griseb desert steppe [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 182–188.
- [35] 马红彬, 谢应忠. 宁夏中部干旱带草地生态农业体系建设研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2011, 29(2): 180–184.  
Ma H S, Xie Y Z. Studies on construction of grassland agroecosystem in the drought region of middle Ningxia [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2011, 29(2): 180–184.
- [36] 何念鹏, 韩兴国, 于贵瑞. 内蒙古放牧草地土壤碳固持速率和潜力[J]. *生态学报*, 2012, 32(3): 844–851.  
Ma H S, Xie Y Z. Studies on construction of grassland agroecosystem in the drought region of middle Ningxia [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2011, 29(2): 180–184.
- [37] Yi R H, Ailikun, Ma Z, et al. Forty-eight-year climatology of air temperature and precipitation changes in Xilinhot, Xilingol steppe (Inner Mongolia), China [J]. *Grassland Science*, 2011, 57(3): 168–172.
- [38] 农业部草原监理中心. 甘肃省发布2014年草原监测报告[EB/OL]. [2015-03-21]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6671.aspx>.  
Grassland Supervision Center of the Ministry of Agriculture. Gansu Province issued the 2014 grassland monitoring report [EB/OL]. [2015-03-21]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6671.aspx>.
- [39] 农业部草原监理中心. 甘肃省发布2014年草原监测报告[EB/OL]. [2015-03-10]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6671.aspx>.  
Grassland Supervision Center of the Ministry of Agriculture. Gansu Province issued the 2014 grassland monitoring report [EB/OL]. [2015-03-10]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6671.aspx>.
- [40] 农业部草原监理中心. 宁夏发布草原返青监测报告[EB/OL]. [2014-05-30]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/5857.aspx>.  
Grassland Supervision Center of the Ministry of Agriculture. Ningxia issued the green grassland monitoring report [EB/OL]. [2014-05-30]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/5857.aspx>.
- [41] 农业部草原监理中心. 内蒙古发布2013年草原监测报告[EB/OL]. [2014-02-25]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/5546.aspx>.  
Grassland Supervision Center of the Ministry of Agriculture. Inner Mongolia issued the 2013 grassland monitoring report [EB/OL]. [2014-02-25]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/5546.aspx>.
- [42] 农业部草原监理中心. 青海省发布2009年草原监测报告[EB/OL]. [2010-05-14]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/2236.aspx>.  
Grassland Supervision Center of the Ministry of Agriculture. Qinghai Province issued the 2009 grassland monitoring report [EB/OL]. [2010-05-14]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/2236.aspx>.
- [43] 内蒙古自治区草原监督管理局. 内蒙古发布2014年草原监测报告[EB/OL]. [2015-03-18]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6715.aspx>.  
The Grassland Supervision and Administration Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region. Inner Mongolia issued the 2014 grassland monitoring report [EB/OL]. [2015-03-18]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6715.aspx>.
- [44] 内蒙古自治区草原监督管理局. 内蒙古农牧业厅发布33个牧业旗天然草原冷季可食牧草储量及适宜载畜量[EB/OL]. [2015-10-20]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/7518.aspx>.  
The Grassland Supervision and Administration Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region. The agriculture and animal husbandry office of Inner Mongolia issued cool season edible forage reserves and carrying capacity of 33 animal husbandry banner natural grassland [EB/OL]. [2015-10-20]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/7518.aspx>.
- [45] 内蒙古自治区草原监督管理局. 内蒙古鄂尔多斯市发布2014年草原监测报告[EB/OL]. [2015-01-29]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6571.aspx>.  
The Grassland Supervision and Administration Bureau of Inner Mongolia. Ordos of Inner Mongolia issued the 2014 grassland monitoring report [EB/OL]. [2015-01-29]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6571.aspx>.
- [46] 青海省草原监理站. 青海省发布2014年草原监测报告[EB/OL]. [2015-07-01]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/7162.aspx>.  
The Grassland Supervision Station of Qinghai Province. Qinghai Province issued the 2014 grassland monitoring report [EB/OL]. [2015-07-01]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/7162.aspx>.
- [47] 宁夏回族自治区草原监理站. 宁夏发布2014年草原资源与生态监测报告[EB/OL]. [2015-05-04]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6952.aspx>.  
The Grassland Supervision Station of Ningxia Hui Autonomous Region. Ningxia issued the 2014 grassland resources and ecological monitoring report [EB/OL]. [2015-05-04]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/6952.aspx>.
- [48] 宁夏回族自治区草原监理站. 宁夏发布2013年草原资源与生态监测报告[EB/OL]. [2014-04-04]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/5657.aspx>.  
The Grassland Supervision Station of Ningxia Hui Autonomous Region. Ningxia issued the 2013 grassland resources and ecological monitoring report [EB/OL]. [2014-04-04]. <http://www.grassland.gov.cn/grassland-new/Item/5657.aspx>.
- [49] 李岚, 侯扶江. 我国动物生产的经济分析[J]. *草业学报*, 2016, 25(1): 230–239.  
Li L, Hou F J. Economic analysis of animal production in China [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(1): 230–239.