

# 基于生态系统服务功能的中国北方草地 及农牧交错带区划

黄 青\*, 辛晓平, 张宏斌

(呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室, 北京 100081)

**摘要:**以北方草地和农牧交错带草地类型区域分异为基础,重点考虑不同草地类型的生态系统服务功能,在综合分析了北方草地和农牧交错带生态环境基本特征的基础上,确定了草地生态功能区划的原则、依据、方法及命名,然后在“3S”技术的支持下,将北方草地和农牧交错带分为北方草原区、北方荒漠区和农牧交错区3个一级区及10个二级区,对各个功能区的区域范围、主要生态环境问题、主要的生态服务功能及为了功能区的保护与可持续发展而需要采取的措施都进行了详细论述。区划结果对认识北方草地与农牧交错带不同草地类型生态系统服务功能的重要价值,对草地资源的合理利用和农业生产的合理布局、对生态环境保护与建设规划及对维护区域生态安全、实现区域的可持续发展都具有重大意义。

**关键词:**北方草地;农牧交错带;生态功能区划;“3S”技术;生态系统服务功能

## Ecosystem-service-based regionalization of the grassland and agro-pastoral transitional zone in Northern China

HUANG Qing\*, XIN Xiaoping, ZHANG Hongbin

*Hulunber Grassland Ecosystem Observation and Research Station, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Resource Remote Sensing and Digital Agriculture, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China*

**Abstract:** With a primary consideration of the ecosystem service function of different grassland types, and basing on the principles of regional planning, methodology, nomenclature, the features of regional eco-environment, as well as “3S” techniques, The grassland and agro-pastoral transitional zone in northern China was classified into 3 ecological regions and 10 eco-function regions. Then, the elaborations were carried out in detail regarding the territory of each function region, primary eco-environment issues, core ecological service functions and means to be adopted for protection and sustainable development of each specific function region. We believe that the developed regionalization result is very helpful in understanding the ecological service function value of different grassland types, facilitating effective use of grassland resources, promoting optimal layout of agricultural production, improving the regional ecological security, as well as strengthening the regional sustainable development in the grassland and agro-pastoral transitional zone of northern China.

**Key Words:** north grassland; agro-pastoral transitional zone; ecological function regionalization; “3S” techniques; ecosystem service function

我国北方草地及农牧交错带约占国土面积的30%,是我国重要的畜产品和优质农产品的生产基地,对于发展畜牧业、稳定粮食生产具有重大意义<sup>[1-2]</sup>;另一方面,北方草地及农牧交错带草地植被类型和生态景观极

**基金项目:**国家973资助项目(2007CB106806);国家科技支撑计划资助项目(2006BAC08B0404);国家863资助项目(2007AA10Z230);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(IARRP)

**收稿日期:**2008-10-13; **修订日期:**2009-03-25

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hqing@caas.net.cn

具特殊性,林地、草地、农田、荒漠、沙地、水域等各种生态系统共同存在,它们除了为人类提供实物型产品外,还向人类提供大量非实物型的生态服务,如水源涵养、防风固沙、生物多样性的产生和维持、气候气象的调节和稳定、重要污染物的降解、土壤保护等<sup>[3-8]</sup>。然而,人类对草地资源的过分开发利用和索取,对草地生态与环境造成了严重破坏,导致了草地生态系统服务功能受损,使草地生态系统为人类提供的福利大幅减少,直接威胁到人类的可持续发展<sup>[9-10]</sup>。

在以往的各种草地区划、自然区划、农业区划、植被区划、土壤区划等区划中,由于区划的对象明确,综合考虑的指标大多都是影响区划对象的各因子<sup>[11]</sup>,对整体生态系统的服务功能考虑不足,而国家环保总局2002年编制的《生态功能区划暂行规程》<sup>[4]</sup>,考虑了生态系统的服务功能,但针对的对象是一个综合的自然生态系统,反映草地生态功能区划的研究还非常少,因此迫切需要制定基于生态系统服务功能的中国北方草地及农牧交错带的生态规划。

本文以北方草地和农牧交错带草地类型区域分异为基础,区划时重点考虑不同草地类型的生态系统服务功能。由于我国北方草地与农牧交错带是一个战略上、生态—生产上都非常重要的区域,合理的草地生态功能区划一方面为制定适宜的封育期限、合理的放牧强度,减轻草地放牧压力及消除草地退化沙化提供科学依据,另一方面,合理的草地生态功能区划对认识北方草地与农牧交错带生态系统服务功能的重要价值,对草地资源的合理利用和农业生产的合理布局、对生态环境保护与建设规划、及对维护区域生态安全、实现区域的可持续发展都具有十分重大和深远的意义。

## 1 研究区概括与区划方法

### 1.1 研究区概况

本次研究区的范围北方草地与农牧交错带主要包括了北方10个省区的374个县、市(旗),总面积约165.9万km<sup>2</sup>,约占国土总面积的17%。其中北方草原和荒漠草原区面积约104.5万km<sup>2</sup>,农牧交错带面积61.4万km<sup>2</sup>。

研究区南北跨越10多个纬度,区内自然地理及生态与环境特征差异显著。东北部是以草甸草原和典型草原为主的草原牧区。最北端的呼伦贝尔高原,海拔600—1000m,中部的锡林郭勒高原和乌兰察布高原海拔多在1000m以上。气候上属于中温带半湿润到半干旱气候,年平均-3—5℃,年平均降水量140—490mm,降水主要集中于6—8月份,降水年际变化大,蒸发强烈。主要的生态与环境问题是过渡放牧,草地退化明显,土壤风蚀沙化及水土流失等。

西部主要是以草原化荒漠和荒漠为主的土地类型。阿拉善高原地势南高北低,海拔1200—2600m。气候上属于温带大陆性气候,干旱少雨,风大沙多,冬寒夏热,昼夜温差大,年平均-3—9℃,年降水量在250mm以下,西部荒漠地区年降水量不足40mm,蒸发强烈。主要的生态环境问题是荒漠植被面积减少,土地沙化加剧,土地盐碱化及生物多样性减少等。

农牧交错带是牧区和农区交错地带,主要是沿着降水量400mm左右等值线走向的内蒙古高原东南缘、黄土高原北部和青藏高原东北部边缘。海拔从科尔沁沙地180—900m,到中部内蒙古高原的南缘900—2000m,到西部青藏高原东北边缘的1500—3500m。气候上从东到西属于中温带半湿润到半干旱、干旱及高寒气候。年降水量400mm以下,降水主要集中于6—8月份,占全年降水量的60%—70%,降水年际变化大,蒸发强烈。主要的生态与环境问题是不合理的利用土地,滥垦滥伐及超载过牧,土壤风蚀、土地沙化、盐渍化等<sup>[12-14]</sup>①。

### 1.2 区划依据和原则

北方草地与农牧交错带生态景观类型多样,它们各自的主体生态服务功能也不一样。由于分类对象是北方草原区,所以一级区划主要是依据草地类型、大地貌类型、水热气候指标及土地利用方式等大区域分异进

① 韩兴国. 内蒙古草原站工作及研究案例. 北京:中国科学院植物研究所,2007

行划分。总体来说,东北部草原区多为水源涵养和生物多样性维持区,西部荒漠及荒漠草原区多为防风固沙区,而阴山作为一个巨大的天然屏障,阴山以南农牧交错带以农为主,多为生态-生产功能区,这是一级区划的基本依据。二级分区主要考虑生态系统的结构、草地类型单要素的生物量、生产力及其他各生态环境要素叠加后的结构、功能、生态环境敏感性及生态服务功能的空间分异规律等,同时专家的意见也作为区划中一个重要的非定量性参照指标。

本次生态功能区划主要遵循了以下原则:

(1) 主导性原则 本次区划主要是在草地类型区域分异的基础上重点考虑不同草地类型的生态系统服务功能。所以主导原则首先考虑草地类型区域分异,地貌类型、气候差异等因素服从主要草地类型分异,同时由于每种草地资源都有多种生态服务功能,主导原则也首先考虑不同草地资源的主导服务功能,遵循非主导功能服从主导功能的原则<sup>[15-16]</sup>。

(2) 生态完整性原则 生态系统的完整性是系统发挥其内在功能的前提<sup>[17]</sup>。因此,生态功能分区应遵循生态结构的完整性。同时生态系统具有等级性,处在某一等级中的某一生态系统同时又是更高一级生态系统的组成部分,所以生态系统的完整性可以在多个尺度上评估,而生态系统的主导服务功能亦会在不同的尺度上发生变化<sup>[18]</sup>。本次区划中的一级区划主要考虑的是草地类型的生态系统完整性,二级区划主要考虑的是包含在一个完整的草地类型生态系统之内的更小尺度上不同生态系统的服务功能。

(3) 实用性原则 本次区划的目的就是划分出北方草地与农牧交错带重要的生态功能区,为制定合理的草原管理政策、农牧发展政策提供科学依据。因此规划要因地制宜,提出的措施要实用可行。

好多学者在作区域生态规划时,都遵循了一个可操作性原则,就是生态功能区的划分要尽可能保持行政边界的完整性,对此,笔者不完全赞同,因为一个完整的生态系统很少有与行政边界完全一致的,既然是生态功能区划,就应该以生态的完整性为主要考虑因子,不能为了统计或收集资料的方便,忽略了生态区划本身的意义。

### 1.3 区划方法

(1) 数据收集及预处理 收集研究区最新的土地利用图、植被类型图、草地类型图、地形图、土壤类型图、多年平均降水量图、多年平均气温图、省级、县级区划图及研究区的社会经济统计数据。先将所有的生态环境专题图矢量化,对各个单要素按照各自的分区指标进行分区。

(2) 采取叠置法进行生态功能区划分 由于分类对象是北方的草原区,所以一级区划以草地类型为基础,叠置土地利用图和地形地貌图;二级区划叠置各生态环境单要素分区界限,取重合最多处为界线<sup>[17,19-20]</sup>,同时考虑主导生态环境问题或主导生态服务功能,从而确定生态功能区的基本界限。

(3) 专家系统及野外校正 分区初步完成后,选择代表不同生态服务功能的野外区域进行实地复核,评价生态功能分区的准确性,另外,通过邀请专家系统对分区方案进行审议、评价,通过这些方法修订生态功能分区草案,确定最终分区方案。

### 1.4 分区等级与命名方法

北方草地和农牧交错带生态功能区划分为两级,一级生态区以生态系统类型为主导因素,反映生态系统的总体格局<sup>[21]</sup>,其命名方法为地区名称 + 生态系统类型<sup>①</sup>;二级生态功能区主要考虑草地类型基础上的生态系统功能,反映一级区内生态功能的差异性,是基本的生态功能类型单位,其命名方法为地区名称 + 草地类型(地貌类型) + 生态功能。根据上述划区方法,将北方草地和农牧交错带分为 3 个生态一级区及 10 个生态功能亚区(表 1 和图 1)。

## 2 分区评价结果

北方草地及农牧交错带分区评价结果见表 2。

① 欧阳志云. 生态系统服务功能与生态功能区划. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2007

| 2 期                                                                                                                 | 黄青 等:基于生态系统服务功能的中国北方草地及农牧交错带区划          | 353                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 表 1 北方草地和农牧交错带生态功能区                                                                                                 |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Table 1 Ecological-function regions of the northern grassland and agro-pastoral transitional zone division in China |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 生态区<br>Ecological Regions                                                                                           | 生态功能区<br>Ecological-function regions    | 包括区域范围<br>Area                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| I 北方草原区<br>The north grassland zone                                                                                 | I-1 呼伦贝尔高原典型草原水源涵养生态功能区                 | 陈巴尔虎旗/满洲里市/海拉尔市/新巴尔虎左、右旗/鄂温克自治旗;面积 66026km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                     | I-2 锡林郭勒高原草甸草原土壤保持生态功能区                 | 阿尔山市/科尔沁右翼前、中旗/突泉县/东、西乌珠穆沁旗/阿鲁科尔沁旗/巴林左旗/巴林右旗/扎鲁特旗/霍林郭勒市;面积 75766 km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                     | I-3 锡林郭勒高原典型草原防风固沙生物多样性维持生态功能区          | 巴尔嘎旗/东、西乌珠穆沁旗/锡林浩特市/正蓝旗/正镶白旗/镶黄旗/苏尼特左、右旗/克什克腾旗/林西县/巴林左、右旗/阿鲁科尔沁旗;面积 124105 km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                     | I-4 乌兰察布高原荒漠草原防风固沙生态屏障功能区               | 苏尼特左、右旗/二连浩特市/四子王旗/达尔罕茂明安联合旗/乌拉特前、中旗/五原县/包头市/土默特左、右旗/托克托县/杭锦县/鄂托克旗/乌审旗/鄂托克前旗/灵武市/吴忠市/中宁县/同心县/中卫县/盐池县/定边县;面积 176639 km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                               |
| II 北方荒漠区<br>The north desert zone                                                                                   | II-1 内蒙古高原中部草原化荒漠防风固沙土壤保持生态及灌溉农业复合生态功能区 | 乌拉特中、后旗/达尔罕茂明安联合旗/临河市/杭锦后旗/磴口县/阿拉善左旗/乌海市/惠农县/平罗县/贺兰县/银川市/永宁县/青铜峡市/灵武市/吴忠市/中宁县/中卫县;面积 92050 km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                     | II-2 内蒙古高原西部荒漠防风固沙生态屏障生态功能区             | 乌拉特中/后旗/阿拉善左、右旗/额济纳旗/肃北县/敦煌市/安西县/玉门市/金塔县/高台县/临泽县/张掖县/山丹县/永昌县/民勤县;面积 331429 km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                       |
| III 农牧交错区<br>The agro-pastoral transitional zone                                                                    | III-1 大兴安岭南缘农田控制水源涵养生态功能区               | 甘南县/龙江县/齐齐哈尔市/扎赉特旗/泰来县/杜尔伯特县/科尔沁右翼前、中旗/通榆县/长岭县/扎鲁特旗/阿鲁科尔沁旗/开鲁县/通辽市/科尔沁左翼后旗/突泉县/巴林右旗/翁牛特旗/奈曼旗/库伦旗/彰武县/敖汉旗/赤峰市;面积 137650 km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                     | III-2 内蒙古高原东南缘农、林、牧业生态生产功能区             | 巴林左、右旗/临西县/克什克腾旗/翁牛特旗/赤峰市/敖汉旗/奈曼旗/库伦旗/彰武县/阜新县/北票市/朝阳市/朝阳县/喀喇沁左翼/宁城县/建平县/喀喇沁旗/围场县/多伦县/凌源市/建昌县/宽城县/兴隆县/滦平县/承德县/赤城县/丰宁县/沽源县/太仆寺旗/隆化县/化德县/康保县/张北县/崇礼县/万全县/宣化县/怀安县/张家口市/商都县/尚义县/兴和县/天镇县/阳原县/蔚县/浑源县/广灵县/大同县/阳高县/丰镇县/察哈尔右翼前、中、后旗/固阳县/武川县/呼和浩特市/卓资县/凉城县/右玉县/左云县/怀仁县/山阴县/朔城区/神池县/集宁市/偏关县/清水河县/平鲁县/五寨县/宁武县/静乐县/岚县/娄烦县/古交市/兴县;面积 242294 km <sup>2</sup>     |
|                                                                                                                     | III-3 黄土高原北部农牧交错水土保持生态功能区               | 靖远县/海原县/白银市/榆中县/定西县/会宁县/西吉县/陇西县/通渭县/静宁县/庄浪县/泾源县/平凉县/崇信县/泾川县/灵台县/镇原县/彭阳县/固原县/同心县/环县/西峰市/宁县/正宁县/黄陵县/宜君县/耀县/富县/洛川县/黄龙县/庆阳县/合水县/甘泉县/盐池县/志丹县/吴旗县/定边县/乡宁县/吉县/宜川县/延安市/安塞县/靖边县/蒲县/大宁县/延长县/字长县/衡山县/延川县/汾西县/永和县/石楼县/中阳县/交口县/隰县/离石县/柳林县/绥德县/子洲县/榆林市/佳县/米脂县/临县/方山县/兴县/神木县/府谷县/伊金霍洛旗/达拉特旗/东胜县/准格尔旗/河曲县/保德县/清水河县/和林格尔县/偏关县/呼和浩特市/京城县;面积 219519 km <sup>2</sup> |
|                                                                                                                     | III-4 河西走廊干旱荒漠-绿洲农业生态功能区                | 敦煌市/安西市/玉门市/嘉峪关市/金塔县/高台县/阿克塞县/肃北县/酒泉市/肃南县/张掖市/临泽县/民乐县/山丹县/金昌县/永昌县/武威市/门源县/古浪县/大通县/天祝县/景泰县/靖远县/白银市/皋兰县/永登县/乐都县/互助县/湟源县/西宁市/共和县/贵德县/化隆县/民和县/兰州市/榆中县/定西县/陇西县/临夏市/永靖县/东乡县/循化县/广河县/尖扎县/积石山县/和政县/康乐市/临洮县/渭源县/同仁县;面积 193372 km <sup>2</sup>                                                                                                             |

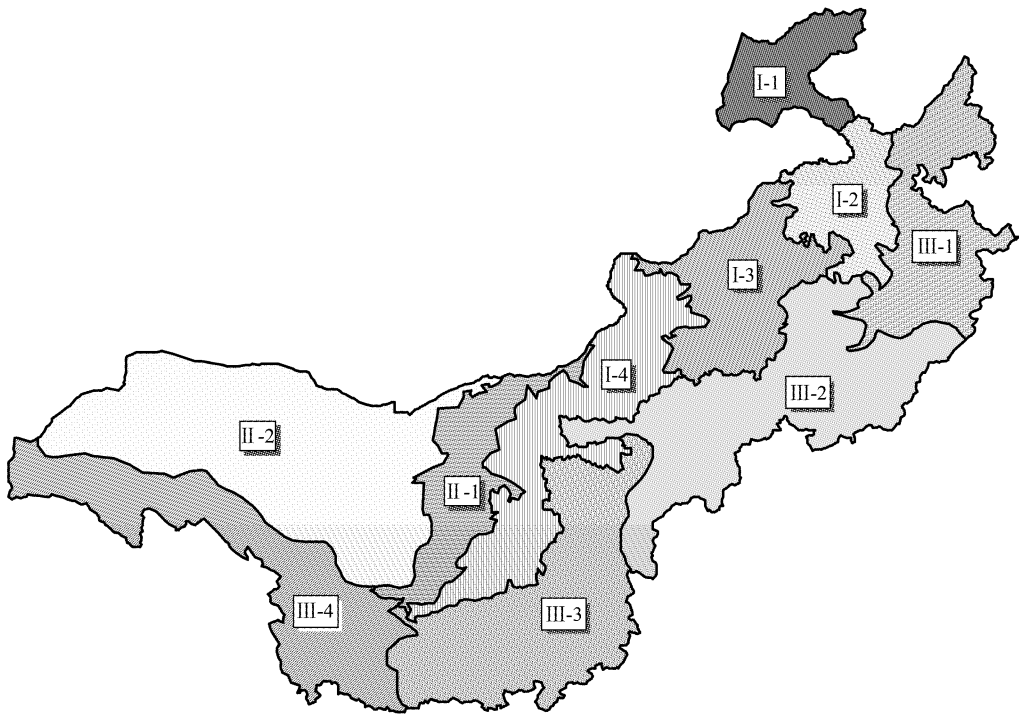


图 1 北方草地和农牧交错带生态功能区划示意图

Fig. 1 Ecological function regionalization of north grassland and agro-pastoral transitional zone of China

表 2 北方草地和农牧交错带生态功能区特征<sup>[2,3-8,12-14]</sup>

Table 2 Characteristics of the ecological-function regions of the Northern China grassland and agro-pastoral transitional zone

| 生态功能区<br>Ecological-<br>function<br>regions | 主要草地<br>类型<br>Main<br>grassland<br>types                   | 平均海拔<br>Average<br>altitude<br>/m | 年均气温<br>Annual<br>average<br>temperature<br>/℃ | 年均日照<br>Annual<br>average<br>sunlight<br>/h | 年平均<br>降水量<br>Annual<br>average<br>precipitation<br>/mm | 湿润度<br>Humidity<br>index | 主要生态与<br>环境问题<br>Primary eco-<br>environmental<br>Issues | 主要生态<br>服务功能<br>Main ecosystem<br>service functions | 保护与<br>发展措施<br>Means of<br>conservation<br>and development |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| I-1                                         | 温性草原<br>Temperate steppe                                   | 680—<br>1000                      | —3—1                                           | 2500—<br>3020                               | 270—<br>490                                             | 62—<br>68                | 过渡放牧/土壤侵蚀/土地退化/草原退化/沙化/草场质量下降                            | 水源涵养/土壤保持/生物多样性维持及牧业生产                              | 建立合理的禁牧、轮牧、休牧、限牧等放牧制度/加强草原生态功能的保护                          |
| I-2                                         | 温性草甸草原<br>Temperate meadow steppe                          | 490—<br>1700                      | 0—5                                            | 2760—<br>2990                               | 300—<br>450                                             | 50—<br>60                | 过渡放牧/草地退化/沙化                                             | 土壤保持/生物多样性维持/牧业生产                                   | 加强保护/不宜开垦/严禁过牧                                             |
| I-3                                         | 温性草原<br>Temperate steppe                                   | 650—<br>1500                      | 0—4                                            | 2800—<br>3200                               | 180—<br>380                                             | 48—<br>61                | 过渡放牧/草地退化明显/沙化严重                                         | 防风固沙/生物多样性维持/牧业生产                                   | 实施退耕还草工程及合理的禁牧、轮牧等放牧制度                                     |
| I-4                                         | 温性荒漠草原、灌溉农田<br>Temperate desert steppe, irrigated farmland | 1000—<br>1690                     | 2—9                                            | 2690—<br>3250                               | 140—<br>380                                             | 47—<br>56                | 超载严重/草场退化/土壤风蚀沙化/水土流失/农田土壤次生盐渍化                          | 防风固沙生态屏障/生物多样性维持/粮食生产                               | 退牧还草/保护现有植被/通过增加舍饲比重等措施恢复草地植被/防止草地退化/治理农田土壤盐渍化             |

续表

| 生态功能区<br>Ecological-<br>function<br>regions | 主要草地<br>类型<br>Main<br>grassland<br>types                                                                | 平均海拔<br>Average<br>altitude<br>/m | 年均气温<br>Annual<br>average<br>temperature<br>/℃ | 年均日照<br>Annual<br>average<br>sunlight<br>/h | 年平均<br>降水量<br>Annual<br>average<br>precipitation<br>/mm | 湿润度<br>Humidity<br>index | 主要生态与<br>环境问题<br>Primary eco-<br>environmental<br>Issues | 主要生态<br>服务功能<br>Main ecosystem<br>service functions | 保护与<br>发展措施<br>Means of<br>conservation<br>and development   |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| II-1                                        | 温性草原化荒漠、灌溉农田<br>Temperate steppe desert, irrigation farmland                                            | 1320—<br>1530                     | 3—9                                            | 2930—<br>3310                               | 124—<br>247                                             | 43—<br>58                | 草场退化、荒漠化/土壤风蚀沙化加剧/生物多样性减少/水土流失/土壤盐渍化                     | 沙漠化控制/土壤保持/生物多样性维持及粮食生产和地下水调蓄                       | 荒漠区禁牧/保护现有植被/农田区提高水资源利用率/治理土壤盐渍化                             |
| II-2                                        | 荒漠<br>Desert                                                                                            | 1200—<br>2600                     | 4—8                                            | 2930—<br>3370                               | 49—<br>245                                              | 35—<br>51                | 土地沙化/荒漠植被面积减少/土地盐碱化                                      | 沙漠化控制/生物多样性维持/生态屏障                                  | 禁牧/保护和恢复荒漠植被/防沙治沙                                            |
| III-1                                       | 农田/温性草原/温性草甸草原<br>Farmland/temperate steppe/temperate meadow steppe                                     | 186—<br>910                       | 1—7                                            | 2760—<br>3020                               | 342—<br>452                                             | 50—<br>61                | 过渡开垦/过渡放牧/林草退化/土地沙化                                      | 农牧业生产/林果业生产/沙漠化控制/生态旅游                              | 制定严格的林地、草地保护制度/加强农田基本防护林保护/开展适度生态旅游                          |
| III-2                                       | 农田、温性草甸草原<br>Farmland/temperate meadow steppe                                                           | 50—<br>1845                       | 1—13                                           | 2490—<br>3110                               | 302—<br>688                                             | 48—<br>67                | 过渡开垦/过渡放牧/林草退化/土地沙化                                      | 农牧业生产/沙漠化控制                                         | 加强荒漠化治理/加强基本农田防护林建设/保护林地、草地/完善农田基本建设                         |
| III-3                                       | 农田、温性草原<br>Farmland/temperate steppe                                                                    | 960—<br>2163                      | 4—12                                           | 2160—<br>3120                               | 240—<br>655                                             | 50—<br>69                | 土壤强度侵蚀/植被覆盖率低/水土流失严重/人口压力大                               | 水土保持/农产品生产/林产品生产                                    | 加强退耕还林还草/调整农林牧业产业结构/控制水土流失,加强煤炭等矿产开发中的生态环境保护与恢复              |
| III-4                                       | 农田、温性荒漠草原/温性山地草甸/高寒草甸<br>Farmland/temperate desert steppe, temperate mountain steppe, and alpine steppe | 1440—<br>3540                     | 1—9                                            | 2300—<br>3326                               | 50—<br>577                                              | 33—<br>70                | 过渡开垦/过渡放牧/植被稀疏/地表风蚀严重/土壤盐碱化                              | 沙漠化控制/农牧业生产                                         | 完善农田基本建设/提高水资源利用率/治理盐渍化土壤/保护草地/控制放牧强度/制度严格的休牧、轮牧、禁牧措施/加强防沙治沙 |

### 3 讨论

(1) 本文在“3S”技术的支持下,以草地类型分异的单要素区划界线为基础,综合叠置其它自然地理要素,将北方草地及农牧交错带生态功能区划分为两级,详细论述了各个功能区的主要生态环境问题、主要的生态服务功能及保护与可持续发展的措施等。区划结果对认识北方草地与农牧交错带不同草地类型生态系统服务功能的重要价值,对草地资源的合理利用和农业生产的合理布局及对生态环境保护等方面都具有重大意义。

(2) 不同的草地类型,它的生物量、生产力不同,所处自然地理环境不同,具有的水土保持功能、防风固沙功能及生产功能、生物多样性保持功能等也不一样,这是草地生态功能区划的基础。本文没有重点分析不同类型的草地在不同环境中具有不同生态功能和服务价值的原理和机制,而是主要在草地类型分异的基础上,重点根据生态功能区划的原则、方法及命名规范等,根据不同区域草地类型生态功能特点将其分类、区划,并

重点阐述各区的主要生态环境问题、主要的生态服务功能及保护与可持续发展的措施等。

(3) 北方草地及农牧交错带范围广, 草地类型的划分也是一个大的地域分异, 每个一级类型的内部, 草地分异也很复杂, 其内部生态系统服务功能及价值也复杂多样, 本文的二级生态功能区划分只重点考虑了草地类型基础上的主要生态系统功能, 实现了对研究区生态系统功能的宏观把握与认识, 但二级区内生态系统服务功能的差异需要进一步的细分与研究。

**致谢:** 感谢中国科学院生态环境研究中心欧阳志云研究员的悉心指导。

#### References:

- [1] Zhang X S. Eco-economic functions of the grassland and its patterns. *Science Technical Review*, 2000, 8: 3-7.
- [2] Lü J Y. Analysis of history of vegetation reclamation and eco-environmental transition of temperate grassland in northern China, Ph. D. Dissertation. Beijing, China Agricultural University, 2005: 7-16.
- [3] Kremen C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, 2005, 8: 468-479.
- [4] Ministry of environmental protection of the PRC. Ecological function regionalization interim regulations. Beijing: China Environmental Science Press, 2002: 1-40.
- [5] Geoffrey H. Valuing ecosystem services. *Ecosystems*, 2000, 3: 24-30.
- [6] Xie G D, Lu C X, Xiao Y, Zheng D, Cheng S K. The Economic Evaluation of Grassland Ecosystem Services in Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Mountain Science*, 2001, 16(1): 47-53.
- [7] Chee Y E. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services. *Biological Conservation*, 2004, 120: 549-565.
- [8] Farber S C. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, 2002, 41: 375-392.
- [9] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(5): 607-613.
- [10] Bennett E M, Peterson C D, Levitt E A. Looking to the future of ecosystem services. *Ecosystems*, 2005, 8: 125-132.
- [11] China Committee of Agriculture Regional Planning. China Agricultural Natural Resources and Regional Planning. Beijing: China Agriculture Publishing House, 1989, 14-56.
- [12] Zhao H L, Zhao X Y, Zhang T H, Zhou R L. Boundary line on agro-pasture zigzag zone in north China and its problems on eco-environment. *Advances in Earth Sciences*, 2002, 17(5): 739-747.
- [13] Ren J Z. Grassland investigation and layout. Beijing: China Agriculture Publishing House, 1985: 198-214.
- [14] Zi D M, Gao X J. Atlas of Inner Mongolia Autonomous Region. Beijing: China Map Press, 2006: 2-160.
- [15] Liu G H, Fu B J. The principle and characteristics of ecological regionalization. *Advances in Environmental Sciences*, 1998, 6(6): 67-72.
- [16] Ma Q W, Yang S M. Zoning and development of Inner Mongolia Ke'erqin grassland. *Grassland of China*, 1996, 4: 1-7.
- [17] Hu M C, Ma R H. Cartographic method with RS for eco-functional regionalization in Heihe River basin. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2003, 17(1): 49-53.
- [18] Xu X B, Zhang J M, Qi Y A, Nian Y Y. 3S-based study on the ecological-function regional in the Shiyang River Basin, Gansu Province. *Arid Zone Research*, 2005, 22(1): 41-44.
- [19] Ouyang Z Y, Wang R S. Theory and methods of regional ecological planning. Beijing: Chemistry Industry Publishing House, 2005: 25-70.
- [20] Fu B J, Liu G H, Chen L D, Ma K M, Li J R. Scheme of ecological regionalization in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 1-6.

#### 参考文献:

- [1] 张新时. 草地的生态经济功能及其范式. *科技导报*, 2000, 8: 3-7.
- [2] 吕进英. 中国北方温带草原植被垦殖与生态环境变迁历史分析. 学位论文, 北京: 中国农业大学, 2005: 7-16.
- [4] 国家环境保护总局. 生态功能区划暂行规程. 北京: 环境出版社, 2002: 1-40.
- [6] 谢高地, 张德镒, 鲁春霞, 郑度, 成升魁. 中国自然草地生态系统服务价值. *自然资源学报*, 2001, 16(1): 47-53.
- [9] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, 1999, 19(5): 607-613.
- [11] 全国农业区划委员会. 中国农业自然资源和农业区划. 北京: 农业出版社, 1989: 14-56.
- [12] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 周瑞莲. 北方农牧交错带的地理界定及其生态问题. *地球科学进展*, 2002, 17(5): 739-747.
- [13] 任继周. 草原调查与规划. 北京: 农业出版社, 1985: 198-214.
- [14] 瞿冬梅, 高秀静. 内蒙古自治区地图册. 北京: 中国地图出版社, 2006: 1.
- [15] 刘国华, 傅伯杰. 生态区划的原则及其特征. *环境科学进展*, 1998, 6(6): 67-72.
- [16] 马庆文, 杨尚明. 内蒙古科尔沁草地区划与发展. *中国草地*, 1996, 4: 1-7.
- [17] 胡孟春, 马荣华. 黑河流域生态功能区划遥感制图方法. *干旱区资源与环境*, 2003, 17(1): 49-53.
- [18] 徐昔保, 张建明, 祁永安, 年雁云. 基于 3S 的羊河流域生态功能区划研究. *干旱区研究*, 2005, 22(1): 41-44.
- [19] 欧阳志云, 王如松. 区域生态规划理论与方法. 北京: 化学工业出版社, 2005: 25-70.
- [20] 傅伯杰, 刘国华, 陈利项, 马克明, 李俊然. 中国生态区划方案. *生态学报*, 2001, 21(1): 1-6.