

毛乌素沙地植被特征与建设

李志熙^{1,2}, 廖允成², 白岗栓³

(1. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西榆林学院,
陕西 榆林 719000; 3. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 毛乌素沙地的高等植物共有 1 106 种, 分属于 98 科 420 属。主要的科有菊科、禾本科、豆科、蔷薇科、藜科。主要的属有蒿属、黄芪属、葱属、柳属、杨属, 主要的种有沙蒿、沙竹、牛心朴子、沙柳、乌柳。植物群落类型有草原植被、草原和荒漠灌丛、沙生植被、草甸植被、盐生植被、沼泽和沼泽性植被、水生植被, 其中沙生植被占主导地位, 其次为草甸植被。植物群落主要有沙蒿群落、沙蒿—柠条群落和沙柳、乌柳、沙棘组成的“柳湾”。简述了毛乌素沙地的植被分布特征, 提出该区植被建设应以灌木为主, 采取灌、乔、草相结合等措施。

关键词: 毛乌素沙地; 植物资源; 群落类型; 分布特征; 保护措施

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)05-0066-05

中图分类号: Q948.15

Characteristic and Construction of Vegetation in Maowusu Sandy Land

LI Zhixi^{1,2}, LIAO Yuncheng², BAI Gangshuan³

(1. Agriculture College, Northwest University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. Yulin College, Yulin 719000, Shaanxi Province, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: There are 1 106 species of high vegetation in Maowusu sandy land and they belong to 98 families and 420 genera. The main families are *Compositae*, *Gramineae*, *Leguminosae*, *Rosaceae*, *Chenopodiaceae*; the main genera are *Artemisia*, *Astragalus*, *Allium*, *Salix*, *Populus*; and the main species are *Artemisia ordosica*, *Psammochloa villosa*, *Pycnostelma lateriflorum*, *Salix cheilophila*, *Salix microstachya*. There are 7 types of vegetation communities in this region. They are grassland vegetation, grassland and desert shrubbery, sandy vegetation, meadow vegetation, halophyte vegetation, marsh and swamp vegetation. Among these vegetations, sandy vegetation is the dominant vegetation; meadow vegetation is the second vegetation. The main communities are Form. *Artemisia ordosica*, Form. *Artemisia ordosica* + *Caragana korshinskii*, Form. *Salix microstachya*, Form. *Salix cheilophila* + *S. microstachya*, Form. *Hippophae rhamnoides* + *Salix cheilophila*. The vegetation distributing characteristics has been briefly stated. Shrubberies should be the chief vegetation for vegetation construction in Maowusu sandy land, shrubberies, arboreal and grasses should be combined with other measurements.

Keywords: Maowusu sandy land; vegetation resource; community type; distributing characteristics; protection measurements

毛乌素沙地位于北纬 37°30′—39°20′, 东经 107°20′—111°30′, 面积 4.00×10⁴ km², 包括内蒙古伊克昭盟, 陕西榆林市北部和宁夏盐池县的东北部, 处于三面被黄沙环绕的鄂尔多斯高原南部向陕北黄土高原的过渡地区。

毛乌素沙地是一个多层次的生态过渡带, 气候上处于干旱、半干旱区向半湿润区的过渡地带; 植被处于典型草原向西部荒漠、荒漠草原和向东部森林草原的过渡地带; 土壤处于棕钙土向栗钙土、黑钙土的过

渡地带; 地质地貌上是戈壁、沙区向黄土区的过渡地带。毛乌素沙地与我国其它沙漠相比, 降水量偏多, 地下水资源丰富, 20 世纪 60 年代中国科学院及一些单位曾对毛乌素沙地的植被进行过调查^[1-6]。

近年来随着退耕还林还草等生态环境的建设, 毛乌素沙地的植被已开始恢复。为了加快荒漠化治理, 合理利用植物资源, 2002—2005 年, 开展了毛乌素沙地植被调查, 现对毛乌素沙地植被特征作简要描述, 并对植被建设提出相关建议。

收稿日期: 2005-04-20

资助项目: 科技部重点科技项目“陕北黄土丘陵区山川秀美要素、模式及评价指标体系研究(2002BA901A43)”

作者简介: 李志熙(1965—), 男(汉族), 陕西省米脂县人, 副教授, 主要从事果树栽培及植物学的教学与研究。E-mail: lzx1174@163.com。通讯作者白岗栓: E-mail: baig@cern.ac.cn。

1 毛乌素沙地的植物资源

根据初步调查分析和资料记载^[1-15], 毛乌素沙地的高等植物共有 1 106 种, 其中双子叶植物有 71 科 319 属 879 种, 单子叶植物有 16 科 84 属 202 种, 裸子植物有 3 科 7 属 12 种, 蕨类植物有 8 科 10 属 13 种。毛乌素沙地的植被资源比较丰富, 与内蒙古自治

区植被和中国全境植物相比, 科、属占的比例较大, 种类相对较少(表 1)。毛乌素沙地植被的主要科与内蒙古自治区的植被基本相近, 主要有菊科、禾本科、豆科、蔷薇科、藜科, 占植物总数的 33.09% (表 2)。毛乌素沙地植被的主要属有蒿属、黄芪属、葱属、柳属、杨属, 5 个属的植物种类为 83 种, 占全区植物总数的 7.51% (表 3)。

表 1 毛乌素沙地植物区系组成统计

| 植物类别 | | | 毛乌素沙地 | | | 内蒙古自治区 | | | 中国全境 | | |
|------|------|-------|-------|-----|-------|--------|-----|-----|--------|-------|-----|
| | | | 种 | 属 | 科 | 种 | 属 | 科 | 种 | 属 | 科 |
| 种子植物 | 被子植物 | 双子叶植物 | 879 | 319 | 71 | 1 676 | 506 | 93 | 20 300 | 2 342 | 241 |
| | 植物 | 单子叶植物 | 202 | 84 | 16 | 523 | 158 | 19 | 4 130 | 609 | 49 |
| | | 裸子植物 | 12 | 7 | 3 | 22 | 7 | 3 | 190 | 34 | 10 |
| | | 共计 | 1 093 | 410 | 90 | 2 223 | 672 | 115 | 24 620 | 2 985 | 300 |
| | | 蕨类植物 | 13 | 10 | 8 | 50 | 20 | 13 | — | — | — |
| | 总计 | 1 106 | 420 | 98 | 2 271 | 691 | 128 | — | — | — | |

表 2 毛乌素沙地主要科的数量统计

| 科名 | 毛乌素沙地 | | | | | | | | 内蒙古自治区 | | | | | | | |
|--------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-------|--------|-----|-----|-------|-------|-----|-------|------|
| | 属数 | | | | 种数 | | | | 属数 | | | | 种数 | | | |
| | 野生属 | 栽培属 | 合计 | 占全区/% | 野生种 | 栽培种 | 合计 | 占全区/% | 野生属 | 栽培属 | 合计 | 占全区/% | 野生种 | 栽培种 | 合计 | |
| 全区植物 | 348 | 72 | 420 | 100 | 973 | 133 | 1 106 | 100 | 655 | 37 | 691 | 100 | 2 187 | 84 | 2 271 | 100 |
| 1 菊科 | 39 | 7 | 45 | 10.71 | 97 | 8 | 105 | 9.49 | 76 | 1 | 77 | 11.1 | 248 | 3 | 251 | 11.1 |
| 2 禾本科 | 57 | 9 | 66 | 15.71 | 91 | 13 | 104 | 9.40 | 63 | 14 | 77 | 11.1 | 205 | 20 | 225 | 9.9 |
| 3 豆科 | 17 | 12 | 29 | 6.90 | 57 | 17 | 74 | 6.69 | 26 | 3 | 29 | 4.2 | 144 | 6 | 150 | 6.6 |
| 4 蔷薇科 | 6 | 5 | 11 | 2.62 | 30 | 15 | 45 | 4.07 | 22 | 22 | 3.2 | 106 | 7 | 113 | 5.0 | — |
| 5 藜科 | 15 | 2 | 17 | 4.05 | 35 | 3 | 38 | 3.44 | 20 | 2 | 22 | 3.2 | 80 | 2 | 82 | 3.6 |
| 6 莎草科 | 10 | — | 10 | 2.38 | 31 | 1 | 32 | 2.89 | 12 | — | 12 | 1.7 | 113 | — | 113 | 5.0 |
| 7 十字花科 | 14 | 4 | 18 | 4.29 | 19 | 13 | 32 | 2.89 | 35 | — | 35 | 5.1 | 80 | — | 80 | 3.5 |
| 8 杨柳科 | 1 | 1 | 2 | 0.48 | 12 | 14 | 26 | 2.35 | 3 | — | 3 | 0.4 | 44 | 8 | 52 | 2.3 |
| 9 百合科 | 3 | 2 | 5 | 1.19 | 17 | 7 | 24 | 2.17 | 21 | 3 | 24 | 3.5 | 71 | 6 | 77 | 3.4 |
| 10 唇形科 | 14 | — | 14 | 3.33 | 24 | — | 24 | 2.17 | 25 | 1 | 26 | 3.8 | 66 | 2 | 68 | 3.0 |

表 3 毛乌素沙地主要属的种数统计

| 属名 | 毛乌素沙地 | | | 属名 | 内蒙古自治区 | | |
|--------|-------|----|----|---------|--------|----|----|
| | 野生 | 栽培 | 合计 | | 野生 | 栽培 | 合计 |
| 1 蒿属 | 27 | — | 27 | 1 苔草属 | 73 | — | 73 |
| 2 黄芪属 | 16 | — | 16 | 2 蒿属 | 51 | — | 51 |
| 3 葱属 | 10 | 4 | 14 | 3 柳属 | 36 | 2 | 38 |
| 4 柳属 | 11 | 2 | 13 | 4 蓼属 | 37 | — | 37 |
| 5 杨属 | 1 | 12 | 13 | 5 黄芪属 | 31 | — | 31 |
| 6 眼子菜属 | 11 | — | 11 | 6 委陵菜属 | 27 | — | 27 |
| 7 李属 | 5 | 6 | 11 | 7 早熟禾属 | 27 | — | 27 |
| 8 芸薹属 | — | 10 | 10 | 8 葱属 | 25 | 4 | 29 |
| 9 白前属 | 10 | — | 10 | 9 棘豆属 | 24 | — | 24 |
| 10 藜属 | 9 | — | 9 | 10 风毛菊属 | 23 | — | 23 |

常以建群种或优势种出现的有菊科的蒿属 (*Artemisia*), 禾本科的针茅属 (*Stipa*)、隐子草属 (*Cleistogenes*)、沙竹属 (*Psammochloa*)、芨芨草属 (*Achnatherum*)、碱茅属 (*Puccinellia*)、拂子茅属 (*Calamagrostis*)、赖草属 (*Aneurolepidium*)、芦苇属 (*Phragmites*)、豆科的锦鸡儿属 (*Caragana*)、棘豆属 (*Oxytropis*)、沙冬青属 (*Ammopiptanthus*)、甘草属 (*Glycyrrhiza*)、岩黄芪属 (*Hedysarum*)、藜科的碱蓬属 (*Suaeda*)、盐爪爪属 (*Kalidium*)、莎草科的苔草属 (*Carex*)、鸢尾科的鸢尾属 (*Iris*) 等。

菊科的沙蒿 (*Artemisia ordosica*)、禾本科的沙竹 (*Psammochloa villosa*)、萝藦科的牛心朴子 (*Pycnostelma lateriflorum*) 这 3 种植物在毛乌素沙地分布最为集中, 毛乌素沙地很可能是其原始分布中心。

2 毛乌素沙地的植物群落类型

2.1 草原植被

草原植被可划分为典型草原群落和荒漠草原群落。典型草原群落主要分布于少数梁地和局部高滩地; 荒漠草原群落主要在毛乌素沙地西部的梁地上有成片分布。

2.1.1 典型草原群系

长芒草、兴安胡枝子群系 (Form. *Stipa bungeana* + *Lespeza dahurica*): 毛乌素沙地典型草原代表性群系, 由真旱生植物组成植物成分主体。

百里香群系 (Form. *Thymus mongolicus*): 真旱生植物占最大比例, 其次为中旱生植物。

小白蒿群系 (Form. *Artemisia frigida*): 真旱生植物组成植物成分的主体, 其次为中旱生植物。

甘草群系 (Form. *Glycyrrhiza uralensis*): 草原真旱生植物为主要成分, 有一定数量中生成分。

芨芨草群系 (Form. *Artemisia giraldii*): 小灌木和小半灌木占很大比例。旱生植物占主导地位, 其次为中生植物。

2.1.2 荒漠草原植被

戈壁针茅、小白蒿群系 (Form. *Stipa gobica* + *Artemisia frigida*): 真旱生、超旱生、中旱生占 90% 左右。

猫头刺群系 (Form. *Oxytropis aciphylla* var. *gracilis*): 以枝条部分或全部木质化的植物和多年生杂类草占主导地位, 出现大量的超旱生荒漠植物。

2.2 草原和荒漠灌丛

毛乌素沙地的灌木有 24 种, 其中形成群落的有 12 种, 7 种出现于梁地, 2 种出现于沙地, 3 种构成“柳湾”林。

2.2.1 典型草原区的草原灌丛

(1) 黑格兰群系 (Form. *Rhamnus erythroxylon*): 木本植物占一定比例, 一年生植物较多。

(2) 沙樱桃群系 (Form. *Prunus mongolica*): 多年生杂类草为主。

(3) 木本铁线莲群系 (Form. *Clematis fruticosa*)。

酸枣群系 (Form. *Zizyphus spinosa*)。

2.2.2 荒漠灌丛

(1) 川青锦鸡儿群系 (Form. *Caragana tibetica*): 有大量超旱生荒漠植物。

(2) 沙冬青、红砂、猪毛菜群系 (Form. *Ammopiptanthus mongolica* + *Reaumuria soongarica* + *R. kashgarica* + *Salsola arbuscula*)。

2.3 沙生植被

毛乌素沙地的沙生植被有 4 种先锋群聚, 11 个重要群系。

先锋群聚。按在流动沙地上出现的先后次序有沙米群聚 (Agg. *Agriophyllum arenarium*)、沙地旋复花群聚 (Agg. *Inula salsoloides*)、牛心朴子群聚 (Agg. *Pycnostelma lateriflorum*) 和鸡爪芦苇群聚 (Agg. *Phragmites communis*), 其特点是零散分布, 组成简单, 演替迅速。主要群系如下。

(1) 沙竹群系 (Form. *Psammochloa villosa*): 组成种类较少, 成分不大稳定。

(2) 杠柳群系 (Form. *Periploca sepium*): 多年生杂类草和旱生植物是主要成分。

(3) 杨柴群系 (Form. *Hedysarum mongolicum*): 半灌木和小灌木的种类超过多年生杂类草。

(4) 苦豆子群系 (Form. *Sophora alopecuroides*): 以多年生杂类草和旱生植物为主。

(5) 籽蒿群系 (Form. *Artemisia sphaerocephala*): 除籽蒿 (*Artemisia sphaerocephala*) 外, 有个别的沙生针茅 (*Stipa glareosa*) 和沙米 (*Agriophyllum arenarium*)。

(6) 沙蒿群系 (Form. *Artemisia ordosica*): 是毛乌素沙地最重要的一个群系。出现在沙蒿群系的植物总数接近 100 种。

(7) 沙蒿、柠条群系 (Form. *Artemisia ordosica* + *Caragana korshinskii*): 以多年生杂类草和真旱生植物为主。

(8) 柠条群系 (Form. *Caragana korshinskii*): 以多年生杂类草和真旱生植物构成群落主体。

(9) 麻黄群系 (Form. *Ephedra sinica*): 是沙地沙生群落过渡到梁地地带性草原群落的一种过渡类型。

由20~40种植物组成。以多年生杂类草和真旱生植物构成群落主体。一年生植物较多。

(10) 臭柏群系(Form. *Sabina vulgaris*): 臭柏(*Sabina vulgaris*)为柏科常绿灌木,是毛乌素沙地唯一天然生长的针叶木本植物。出现在该群系的植物种数多在70种以上。

(11) 中旱生杂灌木林: 由黑格兰(*Rhamnus erythroxylon*)、小叶鼠李(*Rhamnus parvifolius*)、沙樱桃(*Prunus mongolica*)、蒙古蕁(*Caryopteris mongolica*)等几种中旱生灌木组成。

2.4 草甸

毛乌素沙地的草甸植被在面积上仅次于沙生植被,居第2位。毛乌素沙地的草甸植被多表现出旱生化和盐生化特点,重要群系有以下几种。

(1) 寸草群系(Form. *Carex stenophylla*): 由20多种植物组成,以中生和湿生植物为主。

(2) 碱茅群系(Form. *Puccinellia tenuifolia*): 由10多种植物组成。

(3) 芨芨草群系(Form. *Achnatherum splendens*): 为毛乌素沙地滩地最重要的一个草甸群系。组成种类为60多种,由旱生、中生、湿生、盐生及其过渡类型组成。

(4) 马蔺群系(Form. *Iris ensata*): 由40多种植物组成,由旱生、中生、湿生、盐生及其过渡类型组成,但真旱生和盐生植物较少。

(5) 假苇拂子茅群系(Form. *Calamagrostis pseudophragmites*): 由30多种植物组成。

毛乌素沙地的植被群系还有赖草群系(Form. *A neurolepidium dasystachys*)、鸡爪芦苇群系(草甸型)(Form. *Phragmites communis*)、披针叶黄花群系(Form. *Thermopsis lanceolata*)、茆蒿群系(Form. *Artemisia anethoides*)等。

2.5 盐生植被

毛乌素沙地的滩地上有草甸盐土和结皮盐土,有盐土的滩地大多被盐生植被所占据。毛乌素沙地的盐生群系有以下5个。

(1) 碱蓬群系(Form. *Suaeda corniculata*, *S. heteroptera*): 种类组成简单,约18种植物,其中12种为盐生植物。

(2) 盐爪爪群系(Form. *Kalidium cuspidatum*, *K. foliatum*): 多年生杂类草和小半灌木较多,其中一半为盐生植物。

(3) 白刺群系(Form. *Nitraria sibirica*): 由20多种植物组成,以尖叶盐爪爪、黄花矾松和翅碱蓬为其优势种。

此外,盐生植物群系还有灰绿碱蓬群系(Form. *Suaeda glauca*)、海蓬子群系(Form. *Salicornia europaea*)、盐生车前群系(Form. *Plantago salsa*)、碱地蒲公英群系(Form. *Taraxacum sinicum*)等。

2.6 沼泽和沼泽性植被

(1) 沼针蔺群系(Form. *Eleocharis palustris*): 由10多种高等植物组成,优势种为鸡爪芦苇和小花灯心草。

(2) 杉叶藻群系(Form. *Hippuris vulgaris*): 多以纯植丛形式出现,伴生植物仅34种。

(3) 荆三棱、草群系(Form. *Scirpus yagara* + *S. triquetter*): 由20多种高等植物组成,结构较零乱。

(4) 香蒲群系(Form. *Typha angustifolia* + *T. davidiana*): 群落郁闭,狭叶香蒲、达香蒲和芦苇居上层,其它草类居下层。

(5) 芦苇群系(Form. *Phragmites communis*): 多为纯植丛或单种群落。

(6) 乌柳群系(Form. *Salix microstachya*): 有灌木层、草本层和苔藓地被层,以多年生杂类草为主。

(7) 沙柳、乌柳群系(Form. *Salix cheilophila* + *S. microstachya*): 由40多种高等植物组成,有灌木层、草本层和苔藓地被层。

(8) 沙棘、沙柳群系(Form. *Hippophae rhamnoides* + *Salix cheilophila*): 由30多种高等植物组成,以多年生杂类草为主,根茎禾草次之,灌木第3。

2.7 水生植被

在毛乌素沙地的内流湖泊中有龙须眼子菜(*Potamogeton pectinatus*)、浮叶眼子菜(*P. natans*)、穿叶眼子菜(*P. perfoliatus*)、眼子菜(*P. tepperi*)、狸藻(*Utricularis vulgaris*)、水毛茛(*Batrachium trichophyllum*)、轮藻(*Chara sp.*)等一种或数种组成的群落。

在外流的淡水水体中有穗状狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)、轮叶狐尾藻(*M. verticillatum*)、金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、菹草(*Potamogeton crispus*)、浮叶眼子菜、尖叶眼子菜(*P. oxyphyllum*)、线叶眼子菜(*P. pusillus*)、眼子菜、穿叶眼子菜等组成的群落。

3 毛乌素沙地植被分布特征

毛乌素沙地的中部和东部属于典型草原(干草原),占毛乌素沙地面积的90%,西部属于荒漠化草原,位于沙地西部的边缘部分,面积不到10%。

毛乌素沙地虽然位于草原地带,但由于地面广泛覆沙,绝大部分地面分布的是沙生植被、草甸植被、盐

生植被和沼泽植被等隐域性植被。隐域性植被成了毛乌素沙地的主体,其中沙生植被构成毛乌素沙地植被的主体。

沙生植被中以沙蒿群落和沙蒿—柠条群落分布最广,在固定沙丘、半固定沙丘上主要发育着这2种群落。在流动沙地的局部地方还出现沙米、沙竹、鸡爪芦苇等群落,在固定沙地的个别地方还会出现麻黄、臭柏等群落。

在未覆沙的典型草原(干草原)梁地上广泛分布着以长芒草、短花针茅、兴安胡枝子、阿尔泰紫菀、小白蒿等真旱生为主的典型草原群落。在荒漠草原的梁地上分布着戈壁针茅、沙生针茅和小白蒿,其间还出现颇多数量的超旱生的小灌木和半小灌木:如狭叶锦鸡儿、猫头刺、拟芸香、兔唇花、伏地肤、骆驼绒等。此外,在梁地上还分布着一些旱生灌木群落,其中典型草原(干草原)梁地上主要有黑格兰群系,荒漠草原梁地上有沙樱桃群系、川青锦鸡儿群系、川青锦鸡儿—骆驼绒群系、沙冬青群系。

除沙生植被外,占面积最广的隐域植被是草甸植被。草甸植被主要分布于滩地和部分河谷阶地,中生和湿中生的草甸植物发育繁茂,形成大面积的寸草草甸、碱茅草甸、马蔺草甸、芨芨草草甸和假芨芨草草甸等各类草甸。

毛乌素沙地的内陆湖泊周围的盐渍土上分布着多种碱蓬、盐爪爪、白刺、海蓬子等为主的盐生植被。在局部水体边缘还出现许多沼泽植被。

毛乌素沙地无天然乔木林,但天然灌木林分布广泛,而且具有防风固沙和药用等多种用途。毛乌素沙地引进的树种较多,主要为杨柳类和油松、樟子松。

4 植被建设与保护

毛乌素沙地的植被建设与保护,必须遵循沙区植被演替规律,宜草则草,宜灌则灌、宜乔则乔,逐步建成灌、乔、草相结合的多层次林分结构,做到生态效益、经济效益和社会效益的统一。即使在同一类型的立地条件下,也应尽可能考虑不同种类、不同层次的组合。如灌、乔、草的组合方式等,以发挥其综合的防护效益及经济效益。在选择树种、草种时,必须遵守生物适应性原则。

4.1 灌、乔、草相结合,发挥灌木优势,建立防护林体系并加强管理

毛乌素沙地植被的优势生活型是耐风沙与干旱的灌木,而不是草原禾草或中生森林乔木。在毛乌素沙地进行沙漠化治理与植被建设时,应该采用各种灌木种类,采用带状、网状种植,建立防护林体系。防风

固沙林以灌、乔混交林为主,以充分发挥防风固沙林的功能。毛乌素沙地适宜造林的地块主要为滩地和沙丘地。

根据沙地类型以及丘间低地可利用的程度,可营造多行多带式全面固沙林、多行单带式或多带式局部固沙林和网格式防风固沙林。毛乌素沙地土地辽阔,可进行飞播。适宜飞播的地块主要以新月形沙丘为主的大片流动沙丘和沙地的迎风坡、小沙丘、缓沙地和覆沙滩地。适宜流动沙丘上飞播的植物有籽蒿、踏郎、花棒等;适宜覆沙滩地上飞播的牧草有草木樨、沙打旺等。

毛乌素沙地的植被以灌木、半灌木为优势种,但灌木、半灌木生长多年后生长势变弱。为了维护灌木、半灌木植被的正常生长,利用灌木、半灌木的强大根系,通过平茬更新,使衰败、退化的植被得到恢复。对于病虫害严重的灌草丛,平茬可减少病源、虫口数量,防止病虫害的进一步发展与扩散。

4.2 人工草地、半人工草地与封育相结合

毛乌素沙地地广人稀,建设人工草地、半人工草地和封育草地的土地资源非常丰富,如大面积的固定、半固定沙地,软梁地和软梁覆沙地等。在覆沙滩地上可建立防护林保护下的集约化人工草地。在软梁地的天然草地可带状补种柠条,建立灌—草型半人工草地。在大面积的覆沙软梁地可进行飞播羊柴、花棒、沙打旺等,局部覆沙软梁地可水平带状扦插沙柳等,建植半人工草地或封育草地。牧草种类的选择应尽量在当地的野生牧草中选择优良的多年生牧草种类,如河滩地、沙丘间低湿地可种植羊草、苜蓿;沙质草地可种植冰草与沙生冰草;沙地可种植沙竹;盐碱地可种植赖草、野大麦、芨芨草等;低湿地可种植无芒雀麦、老芒草、西伯利亚冰草、看麦娘、草地早熟禾等;薄层覆沙地可种植草木樨、沙打旺、踏郎、花棒等。冷蒿、伏地肤、沙蒿、沙米等,均可作为人工草地的适宜种类。

4.3 建立植物保护区

在一些珍贵、濒危和稀有的灌木种的分布范围划定特殊的保护区,采取围栏、封育措施,建立相应的国家或地方级的自然保护区。建议在毛乌素沙地西部,即草原向荒漠过渡区建立沙冬青等荒漠灌丛的自然保护区,在沙地的东南部固定沙区建立沙地柏保护区。对集中分布的许多荒漠成分的灌木种,如狭叶锦鸡儿、红沙、四合木、珍珠猪毛菜、霸王、沙木蓼、沙拐枣、绵刺、怪柳、乌柳、沙柳、小黄柳、猫头刺、黑格兰、鄂尔多斯小檗等灌木,建立保护圈。

(下转第74页)

- [4] Harral B B, Cove C A. Development of an optical displacement transducer for the measurement of soil surface profiles [J]. *J. Agric. Eng. Res.*, 1982, 27(4): 421—429.
- [5] Huang C, Bradford J M. Applications of a laser scanner to quantify soil microtopography [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1992, 56(1): 14—21.
- [6] Huang C, Bradford J M. Depressional storage for Markov-Gaussian surfaces [J]. *Water Resources Research*. 1990, 26(9): 2235—2242.
- [7] Huang C, White I, Thwaite E G, et al. A non-contact laser system for measuring soil surface topography [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1989, 52(3): 350—355.
- [8] Romkens M J M, Wang J Y. Soil roughness changes of tillage system from rainfall [J]. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*, 1987, 30(1): 101—107.
- [9] Podmore T H, Huggins L F. An automated profile meter for surface roughness measurements [J]. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 1981, 24(4): 663—665, 669.
- [10] Podmore T H, Huggins L F. Surface roughness effects on overland flow [J]. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 1980, 23(6): 1434—1445.
- [11] Hirschil M C, Barfield B J, Moore I D. Rillmeters for detailed measurement of soil surface heights [J]. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 1984, 84(6): 2534—2557.
- [12] 吴发启, 赵晓光, 刘秉正. 缓坡耕地侵蚀环境及动力机制分析 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000.
- [13] Ali Saleh. Soil roughness measurement: chain method [J]. *J. Soil and Water Cons.* 1993, 48(6): 527—529.
- [14] Brough D L, Jarrett A R. Simple technique for approximating surface storage of slit-tilled fields [J]. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 1992, 35(3): 885—890.
- [15] Allmaras R R, Burwell R E, Larson W E, et al. Total porosity and random roughness of the interrow zone as influenced by tillage [M]. 1966. USDA Conserv. Res. Rep. 7
- [16] Romkens M, J M, Wang J Y. The effect of tillage on surface roughness [J]. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 1986, 29(2): 429—433.
- [17] Kamphorst E C, Jetten I. Predicting depressional storage from soil surface roughness. *Soil Sci. Am. J.* 2000, 64(3): 1749—1758.
- [18] Boiffin J. Structural degradation of the soil surface by the action of rainfall [D]. Ph. D. Diss. Inst. Natl. Agronome Paris³/Grignon. Paris. France. 1984.
- [19] Linden D K, Van D M, Doren J R. Parameters for characterizing tillage-induced soil surface roughness. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1986, 50(3): 1560—1565.
- [20] Hansen B, Schjonning P, Sibbesen E. Roughness indices for estimation of depression storage capacity of tilled soil surfaces [J]. *Soil Till. Res.* 1999, 52: 103—111.
- [21] Lorenzo Borselli. Segmentation of soil roughness profiles [J]. *Earth Surface Process and Landforms*. 1999(24): 71—90.

(上接第 70 页)

[参 考 文 献]

- [1] 北京大学地理系, 中国科学院自然资源综合考察委员会, 中国科学院兰州沙漠研究所, 中国科学院兰州冰川冻土研究所. 毛乌素沙区自然条件及其改良利用 [M]. 北京: 中国科学出版社, 1983. 72—111.
- [2] 朱灵益, 宝音. 毛乌素沙地乔灌木立地质量评价 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1993. 1—22.
- [3] 中国科学院黄土高原综合考察队. 黄土高原地区植被资源及其合理利用 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 194—287.
- [4] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1985. 15—465.
- [5] 吴钦孝, 杨文治. 黄土高原植被建设与持续发展 [M]. 北京: 科学出版社, 1998. 285—289.
- [6] 榆林地区畜牧局, 榆林地区草原试验站. 陕西省榆林地区草场资源调查成果资料汇编 [R]. 陕西榆林: 榆林报社印刷厂, 1984. 546—605.
- [7] 廖汝棠, 张文军. 毛乌素流动沙地植物分布及盖度的研究 [J]. *内蒙古林业科技*, 1996(3, 4): 15—21.
- [8] 陈仲新, 谢海生. 毛乌素沙地景观生态类型与灌丛生物多样性初步研究 [J]. *生态学报*, 1994, 14(4): 345—354.
- [9] 李新荣, 赵雨兴, 杨志忠, 等. 毛乌素沙地飞播植物与生境演变的研究 [J]. *植物生态学报*, 1999(2), 116—124.
- [10] 刘玉平. 毛乌素沙地飞播植被演替研究 [J]. *中国草地*, 1996(4): 24—27, 56.
- [11] 陈玉福, 于飞海, 张称意, 等. 根茎禾草沙鞭的克隆生长在毛乌素沙地斑块动态中的作用 [J]. *生态学报*, 2001, 21(11): 1745—1750.
- [12] 陈玉福, 于飞海, 董鸣. 毛乌素沙地沙生半灌木群落的空间异质性 [J]. *生态学报*, 2000, 20(4): 568—572.
- [13] 王林和, 董智, 张国盛. 毛乌素沙地天然臭柏群落新梢生长规律的研究 [J]. *内蒙古林学院学报(自然科学版)*, 1998, 20(3): 15—22.
- [14] 高崇华, 李志忠, 付强. 毛乌素沙地引种樟子松调查报告 [J]. *内蒙古林业科技*, 1996(1): 29—32.
- [15] 周永刚, 王洪新, 胡志昂. 毛乌素沙地中间锦鸡儿群体繁育系统的变化 [J]. *植物学报*, 2001, 43(12): 1307—1309.