

浑善达克沙地飞播区植物多样性的变化

——以内蒙古正蓝旗为例

田海晨, 刘果厚

(内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要: [目的] 对内蒙古境内浑善达克沙地植被恢复过程中植物群落的物种组成以及多样性的变化规律进行分析, 为该地区的植被恢复提供理论依据和科学指导。[方法] 采用样带法对植物群落进行调查。[结果] (1) 沙地植被恢复 5 年后群落内共有 33 种植物, 分属于 10 科 27 属; (2) 随着恢复年限的延长, 物种丰富度指数、物种多样性指数、物种均匀度指数和群落盖度均逐渐增大, 而生态优势度指数则逐渐减小。植物群落物种由 6 种(未治理)增加到 21 种(治理 5 a), 物种多样性指数由 1.20 增加至 2.77, 物种均匀度指数由 0.67 升高至 0.91, 群落盖度从 2.06% 增加到 75.58%, 生态优势度指数由 0.57 减少至 0.32。[结论] 浑善达克沙地飞播区植被得到明显恢复, 沙地恢复到一定阶段后群落趋于稳定, 风沙化得到一定程度的遏制。

关键词: 浑善达克沙地; 飞播; 物种多样性; 植被恢复

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)02-0269-05

中图分类号: S718.5

Changes of Plant Diversity After Aerial Seeding in Hunshandake Sandy Land

—A Case Study in Zhenglan Banner of Inner Mongolia

TIAN Haichen, LIU Guohou

(College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: [Objective] To understand the variation of species composition and species diversity of plant community in Hunshandake sandy land with different recovery ages in the process of vegetation restoration, and to provide theoretical basis and scientific guidance for the vegetation restoration in the area. [Methods] Plant community was investigated by transect sampling method. [Results] (1) There were 33 species of 10 genera in 27 families after five years restoration; (2) Species richness, diversity, evenness and community coverage increased gradually with the increase of vegetation recovery period, while the ecological dominance index reduced yearly. After five years recovery, the species number increased from 6 to 21; The species diversity increased from 1.20 to 2.77; Species evenness raised from 0.67 to 0.91; Community coverage was improved obviously (from 2.06% to 75.58%); Ecological dominance index degraded from 0.57 to 0.32. [Conclusion] Vegetation recovered obviously, plant community tended to be stable after the sandy restored to a certain stage, and the wind drifted desertification in Hunshandake sandy land was repressed to some extent.

Keywords: Hunshandake sand; aerial seeding; species diversity; vegetation restoration

浑善达克沙地是我国北方典型的生态脆弱区和生态屏障区,历史上记载这里是优良的天然牧场,长期散牧^[1]。近些年,由于牲畜数量成倍增加,人类活动频繁,全球变暖等因素,该区生态系统退化^[2-3],沙漠化扩张^[4-6],这不仅影响该区的生态、经济和社会可持续发展,更影响到京津地区的环境质量^[7]。因此,迅速恢复该地区已退化生态系统是我国生态建设中

的重要任务。植被恢复是生态环境治理的重要措施之一,其中物种多样性是恢复生态系统的核心指标^[8-9]。近年来,专家学者^[10-14]对于浑善达克沙地治理方面的研究较多,沙漠化趋势得到整体扭转^[15],但对沙地飞播区不同植物群落方面的研究鲜见报道。本研究通过对沙地不同恢复年限的植物群落进行调查,分析沙地植被恢复过程中植物群落组成及物种多

收稿日期:2014-03-21

修回日期:2014-03-28

资助项目:内蒙古自治区科技创新引导奖励资金项目“浑善达克沙地植被恢复与风沙环境综合治理关键技术集成示范”(20121607)

第一作者:田海晨(1987—),女(汉族),内蒙古自治区呼伦贝尔市人,硕士研究生,研究方向为植物多样性保护与利用。E-mail: tianhaichen123@126.com。

通信作者:刘果厚(1956—),男(汉族),内蒙古自治区呼和浩特市人,教授,博士生导师,主要从事植物多样性保护与利用方面的研究。E-mail: guohouliu@163.com。

样性的变化特征,为该地区的植被恢复提供理论依据和科学指导。

1 研究区概况

研究区位于内蒙古自治区正蓝旗境内浑善达克沙地腹地的飞播区,地理坐标 $115^{\circ}43'29''-116^{\circ}22'15''E$, $42^{\circ}25'19''-43^{\circ}07'46''N$,海拔 $1\ 100\sim 1\ 400\text{ m}$ 。属于温带大陆性季风气候,年平均气温为 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期 104 d ,年平均风速 $4.3\sim 5.2\text{ m/s}$ 。年平均降水量为 378 mm ,主要集中在 7—9 月份,占全年降雨量的 $80\%\sim 90\%$ 。土壤类型以风沙土、沙质栗钙土为主。该区地貌类型多为流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘,沙丘形状大部分为垄状、链状,少部分为新月状,由西北向东南方向展布。流动沙丘上的主要植物为沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)等;半固定沙丘上的主要植物为塔落岩黄芪(*Hedysarum fruticosum* var. *laeve*)、狗尾草(*Setaria viridis*)和虫实属(*Corispermum*)等;固定沙丘上的植物为沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、羊草(*Leymus chinensis*)、花苜蓿(*Melilotoides ruthenica*)、大针茅(*Stipa grandis*)和砾苔草(*Carex stenophylloides*)等多年生草本植物及大籽蒿(*Artemisia sieversiana*)、止血马唐(*Digitaria ischaemum*)、狗尾草、猪毛菜(*Salsola collina*)和砂蓝刺头(*Echinops gmelini*)等一、二年生草本植物。

2 研究方法

2.1 样地的选择

自 2008 年,正蓝旗林业局组织对境内部分流动沙丘进行植被恢复,选用飞播造林方式。根据国标的要求,飞播前先建植沙障,选用耐干旱、耐沙埋且生长速度快的黄柳做材料,随后的不同年份采用同样的方法进行植被恢复。本试验共选取 5 块样地,分别为飞播年限 5 a(2008 年)、4 a(2009 年)、2 a(2011 年)、1 a(2012 年)的样地及未飞播的流动沙地(CK)作为参照样地。飞播的物种为塔落岩黄芪(*Hedysarum fruticosum* var. *laeve*)、沙地榆(*Ulmus pumila* var. *sabulosa*)、褐沙蒿(*Artemisia intramongolica*)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*),混播比例为 $5:2:2:1$ 。沙地每个年份的播种量均为 350 kg/m^2 ,飞播期为每年 5 月末至 6 月中旬。

2.2 群落调查

2013 年 8 月上旬,采用样带法进行植物群落调查。在每个样地内选择典型群落设置 3 条样带,样带长度为 100 m 。在每条样带上每隔 20 m 设置一个 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 的样方,调查灌木层;再在每个 $10\text{ m}\times$

10 m 样方的 4 个对角线及中点上分别设置 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 的样方,调查草本层。共设 450 个样方。目测各层的总盖度,详细记录每个样方内的植物种类、自然高度、多度、分盖度、频度、生活型和立枯物。同时利用 GPS,记录每条样带的航迹及多样方的经纬度坐标和海拔高度。

2.3 计算方法

2.3.1 物种重要值(IV)

$$IV = (\text{相对盖度} + \text{相对密度} + \text{相对频度}) / 3$$

$$\text{相对密度} = (\text{单个植物种密度} / \text{所有植物总密度}) \times 100\%$$

$$\text{相对盖度} = (\text{单个植物种的盖度} / \text{所有植物总盖度}) \times 100\%$$

$$\text{相对频度} = (\text{某种植物的频度} / \text{所有植物频度之和}) \times 100\%$$

2.3.2 α 多样性 目前, α 多样性的测定方法有多种,常用的有物种丰富度 Margalef 指数(R)、生态优势度 Simpson 指数(D)、物种多样性 Shannon—Wiener 指数(H)和物种均匀度 Pielou 指数(E)^[16-17],具体计算公式为:

$$R = S; D = 1 - \sum P_i^2; H = -\sum P_i \ln P_i;$$

$$E = -\sum P_i \ln P_i / \ln S \quad (i=1, 2, \dots, S)$$

式中: S ——样地植物种数; N ——总体个数; $P_i = n_i/N$, n_i ——第 i 个种的个数。

3 结果与分析

3.1 群落组成及物种重要值

3.1.1 群落物种组成结构 依据样方调查结果(表 1),所有样方中共出现 33 种植物,隶属于 10 科,27 属。CK 的植物群落物种组成相对简单,共 3 科 6 属 6 种,均为当地耐干旱、耐沙埋的沙生先锋植物,可为其它物种的种子或繁殖体的入侵提供庇护作用。恢复年限为 1 a 的植物群落为 5 科 7 属 7 种,与 CK 的植物群落相比,植物种数在数量上增加不甚明显。恢复 2 a 的植物群落为 5 科 13 属 15 种。恢复 4 a 的植物群落为 7 科 18 属 20 种。恢复 5 a 的植物群落为 7 科 18 属 21 种。从整体上看,在植被恢复 5 a 内,各群落的科、属和种数均比对照样地有所增加,且随着沙地植被恢复年限的延长,植物种类不断增加。

CK 的植物群落种类组成主要以藜科的物种为主。随着群落的发展,植物群落物种组成数量不断增多,但不同的科中植物种增加的速率不同,使植物群落组成结构发生变化。群落总的发展趋势是藜科植物在流动沙丘占优势地位,其它科所占的比例很小,群落物种组成简单,稳定性差。随着沙丘固定及恢复

年限的增长,群落结构发生了很大的变化,藜科植物的重要值逐渐减小,由 CK 的 78.9% 降为 5 a 的 6.53%,而其它科豆科、菊科、禾本科等植物的重要值逐渐增加,群落组成结构逐渐变得复杂。

表 1 样地群落组成

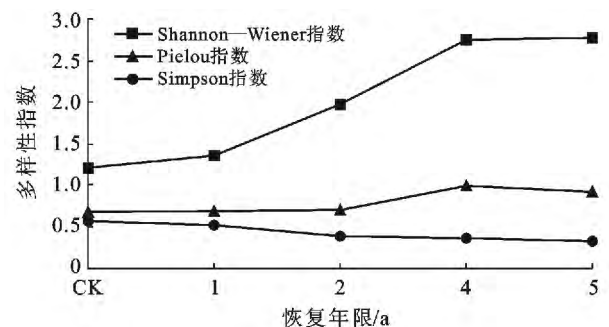
科名	种属	恢复年限				
		CK	1 a	2 a	4 a	5 a
藜科	属数	3	2	3	4	3
	种数	3	2	3	5	3
	重要值	78.9	42.5	29.61	24.06	6.53
豆科	属数		1	3	3	3
	种数		1	3	3	3
	重要值		13.48	28.97	45.86	49.73
菊科	属数		1	2	2	2
	种数		1	3	3	4
	重要值		8.5	13.2	3.51	24.83
禾本科	属数	2	2	4	6	7
	种数	2	2	5	6	8
	重要值	17.63	11.18	27.8	22.94	16.28
其他科	属数	1	1	1	3	3
	种数	1	1	1	3	3
	重要值	2.68	20.29	5.75	3.61	2.63
总科数	3	5	5	7	7	
总属数	6	7	13	18	18	
总种数	6	7	15	20	21	

3.1.2 群落物种重要值 重要值是一种综合性数量指标,反映了物种在群落中所起的作用及所占地位的重要程度。不同群落中物种重要值的变化(表 2)。由表 2 可知,CK 上重要值占前 3 位的植物种为沙蓬、狗尾草和华虫实(*Corispermum stauntonii*),其重要值分别为 61.32%,11.02%,10.68%。恢复 1 a 的群落与 CK 的相比,混播种塔落岩黄芪、沙地榆以及褐沙蒿成功的发芽、生长,它们均为当地的乡土植物种。群落中物种重要值占前 3 位的为沙蓬、沙地榆和塔落岩黄芪,其重要值分别为 41%,20.29%,13.48%。恢复 2 a 的群落物种重要值在前 3 位的为塔落岩黄芪、华虫实和狗尾草,其重要值分别为 22.08%,21.17%,13.40%。恢复 4 a 的群落物种重要值在前 3 位的为塔落岩黄芪、绳虫实和止血马唐,其重要值分别为 37.19%,21.20%,15.12%。恢复 5 a 的群落物种重要值在前 3 位的为沙打旺、塔落岩黄芪和大籽蒿,其重要值分别为 26.28%,17.28%,12.50%。总体来看,沙地植物种不仅随着恢复年限

的增加而增加,而且群落中物种的重要值也发生了规律性变化。沙地治理之前,沙蓬作为先锋植物迅速占据了植物群落的主要地位,成为流动沙丘地的主要优势种。随着恢复年限的延长及流沙的固定,物种丰富,沙蓬等一年生先锋植物陆续退化;狗尾草和虫实属等一年生植物开始增加,并逐渐占优势地位,成为恢复 2 a 的群落和 4 a 的群落中的主要优势种;同时伴随生境条件的改善,多年生植物开始入侵,恢复 5 a 后大籽蒿和羊草等多年生植物成为群落中的主要优势种。

3.2 α 多样性指数

物种多样性作为植物群落的重要特征之一,反映群落系统内部及其与周围环境关系的变化^[18]。根据野外调查数据,对不同群落物种多样性指数、物种均匀度指数、生态优势度指数等几个指标进行了计算。由图 1 可知,在植被恢复 5 a 内,Shannon—Wiener 指数和 Pielou 指数的变化趋势相似,呈上升趋势。Shannon—Wiener 指数变化幅度较大,由 CK 的 1.20 上升至 5 a 的 2.77;Pielou 指数增加幅度不大,由 0.67 升高至 0.91。而 Simpson 指数随着恢复年限的增长呈下降趋势,由 CK 的 0.57 减少至 5 a 的 0.32。由图 1 中曲线还可以看出,群落物种多样性并不是无限制的呈增加趋势,由 4~5 a 间群落物种多样性增幅减小,逐渐向稳定方向发展。

图 1 沙地植被恢复过程中 α 多样性指数的变化

3.3 群落盖度

群落盖度是植被恢复的一个重要参数指标,也是指示生态系统变化的重要指标。由不同恢复年限的群落总盖度测定结果可知,在植被恢复 5 a 内,群落盖度随着恢复年限的增加而呈线性显著增加($R^2 = 0.9853$)。CK 的群落盖度为 2.06%,恢复 1,2,4,5 a 的群落盖度分别为 3.81%,20.18%,53.11%,75.58%。恢复 1 a 的群落盖度约为 CK 的 2 倍,这与人工飞播有关。

表 2 沙地植被恢复过程中物种重要值的变化

%

序号	植物种类及学名	不同恢复年限物种重要值				
		CK	1 a	2 a	4 a	5 a
1	沙地雀麦(<i>Bromus irtutensis</i>)	6.61	5.55	4.18	2.07	—
2	糙隐子草(<i>Cleistogenes squarrosa</i>)	—	—	—	0.03	—
3	狗尾草	11.02	—	13.40	2.05	1.69
4	画眉草(<i>Eragrostis pilosa</i>)	—	5.63	—	—	—
5	赖草(<i>Leymus secalinus</i>)	—	—	9.17	3.05	—
6	羊草	—	—	0.46	—	7.38
7	毛稈沙生冰草(<i>Agropyron desertorum</i> var. <i>pilosiusculum</i>)	—	—	0.59	0.62	0.07
8	蒙古冰草(<i>Agropyron mongolicum</i>)	—	—	—	—	1.47
9	黍(<i>Panicum miliaceum</i>)	—	—	—	—	0.06
10	止血马唐	—	—	—	15.12	3.96
11	砾苔草	—	—	—	—	1.12
12	大针茅	—	—	—	—	0.53
13	华虫实	10.68	—	21.17	—	—
14	绳虫实(<i>Corispermum declinatum</i>)	—	—	—	21.20	6.17
15	尖头叶藜(<i>Chenopodium acuminatum</i>)	—	—	—	0.01	—
16	刺藜(<i>Chenopodium aristatum</i>)	—	—	—	1.88	0.12
17	沙蓬	61.32	41.00	0.46	—	—
18	辽宁碱蓬(<i>Suaeda liaotungensis</i>)	—	1.50	—	—	—
19	雾冰藜(<i>Bassia dasyphylla</i>)	—	—	7.98	0.47	—
20	猪毛菜	6.90	—	—	0.50	0.24
21	塔落岩黄芪	—	13.48	22.08	37.19	17.28
22	细叶扁蓿豆	—	—	3.13	3.2	6.17
23	沙打旺	—	—	0.84	5.47	26.28
24	褐沙蒿	—	8.50	5.49	1.32	5.31
25	猪毛蒿(<i>Artemisia scoparia</i>)	—	—	1.25	1.6	6.91
26	大籽蒿	—	—	—	—	12.50
27	砂蓝刺头(<i>Echinops gmelini</i>)	—	—	1.12	0.59	0.11
28	沙地榆	—	20.29	5.75	3.55	1.79
29	细叶益母草(<i>Leonurus sibiricus</i>)	—	—	—	—	0.60
30	细叶鸢尾(<i>Iris tenuifolia</i>)	—	—	—	—	0.24
31	篇蓄(<i>Polygonum aviculare</i>)	—	—	—	0.03	—
32	异刺鹤虱(<i>Lappula heteracantha</i>)	—	—	—	0.03	—
33	地梢瓜(<i>Cynanchum thesioides</i>)	2.68	—	—	—	—

4 结果讨论

研究区土地资源丰富,有大量的荒山、荒地。近年来,植树造林取得了不少成绩,但是绿化速度还不够快,特别是山势较陡的地方,无法进行人工造林。实践证明,飞机播种造林是大面积绿化荒山最有经济、有效的治理措施,具有推广价值意义。飞播造林是一种新型、快速、高效、优质的科学造林方法,是植被恢复与重建的重要手段^[19]。特别是在高山、远山人工造林无法开展的地区,有独特的不可替代的作用。

浑善达克沙地面积大、人工造林治沙比较困难,适宜飞播造林。沙地类型复杂、气候多变、立地条件不同,每个植物种对环境条件有特殊的要求,因此,正确的选择固沙植物种是飞播治沙的关键。许多研究者^[20]认为,用于流动沙地飞播的植物种除了具有抗

旱、风蚀、耐沙埋、发芽快、生长迅速、繁殖能力强的特点以外,还应具有种子易于覆沙、经济价值高和固沙能力强等生物学特性。研究者^[21]前几年通过浑善达克沙地飞播治沙试验及沙地自然植物种的分布已证明,最适宜浑善达克沙地飞播成功的植物种为:褐沙蒿、塔落岩黄芪、沙打旺、沙地榆等。

植物群落的发展是由简单到复杂的过程。物种组成、物种多样性和群落盖度作为植物群落特征的重要指标,其变化是植被恢复过程的重要标志。本研究结果表明,在一定时间内,植物群落的物种多样性指数呈现增加的变化趋势,这一结果与刘美珍等^[10]和张继义等^[22]的研究结果基本一致。而植被恢复符合自然演变规律,随着恢复年限的延长,物种多样性并不是无限制地增加,群落最终会达到一个稳定状态。在本研究中,植被恢复 5 a 后的群落趋于稳定(图 1)。

流动沙丘是植被退化的极端状况,其生境条件比较恶劣,不利于植物繁殖体的传播和定居^[23]。流动沙丘上主要有一些喜沙的一年生先锋植物,物种间竞争较小。喜沙的先锋植物在雨季来临时能够快速萌发、定居,但其生命周期短,枯死的植株可以阻止沙丘表面的沙粒流动^[24]。因此,沙地先锋植物对流动沙丘的稳固起关键作用,同时对飞播物种起到保护作用,为其他植物的定居创造了稳定的土壤环境。随着时间的延长,更多物种侵入到群落,群落盖度提高,生境条件发生改变,而耐沙埋的飞播物种(如褐沙蒿)不适应改变后的沙地环境逐渐退出群落;多年生草本逐渐取代一年生草本,占优势地位,群落组成结构趋于复杂化和多样化,沙地逐步稳定。

5 结论

(1) 植物群落物种组成结果表明,浑善达克沙地植被恢复 5 a 后,群落内共出现 33 种植物,分属于 10 科 27 属,其中,藜科植物在流动沙丘中占优势地位,是植被恢复的起点。随着恢复年限的延长,植物群落种类发生明显的变化,植物群落物种组成由 6 种(未治理)增加到 21 种(治理 5 a);物种多样性指数由 1.20 增加至 2.77;物种均匀度指数由 0.67 升高至 0.91;生态优势度指数由 0.57 减少至 0.32。群落物种多样性总体呈上升趋势。据此说明浑善达克沙地飞播后的植被得到明显恢复,植物群落物种组成结构逐渐复杂化和多样化,群落趋于稳定。

(2) 通过对不同飞播年限的群落盖度分析结果表明,在沙地飞播后的植物群落盖度明显高于对照地的群落盖度,并且群落盖度随着植被恢复年限增加而增加,由 2.06%(未治理)增加至 75.58%(治理 5 a),沙地逐步稳定,说明飞播对沙地退化植被具有明显的恢复和改善作用。

[参 考 文 献]

- [1] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1995:17-31.
- [2] 范建友,丁国栋,关博源,等. 正蓝旗植被覆盖动态变化的遥感监测[J]. 中国水土保持科学,2005,3(4):54-59.
- [3] 章家恩,徐琪. 生态退化的形成原因探讨[J]. 生态科学,1999,18(3):27-32.
- [4] 乌云娜,裴浩,白美兰. 内蒙古土地沙漠化与气候变化和人类活动[J]. 中国沙漠,2002,22(3):292-297.
- [5] 丁国栋,蔡京艳,王贤,等. 浑善达克沙地沙漠化成因、过程及其防治对策研究:以内蒙古正蓝旗为例[J]. 北京林业大学学报,2004,26(4):15-19.
- [6] 李金亚,徐斌,杨秀春,等. 锡林郭勒盟草原沙化动态变化及驱动力分析:以正蓝旗为例[J]. 地理研究,2011,30(9):1669-1682.
- [7] 宋创业,郭柯,刘高焕. 浑善达克沙地植物群落物种多样性与土壤因子的关系[J]. 生态学杂志,2008,27(1):8-13.
- [8] 白永飞,李凌浩,黄建辉,等. 内蒙古高原针茅草原植物多样性与植物功能群组成对群落初级生产力稳定性的影响[J]. 植物学报,2001,43(3):280-287.
- [9] 张步翀,李凤民,黄高宝. 生物多样性对生态系统功能及其稳定性的影响[J]. 中国生态农业学报,2006,14(4):12-15.
- [10] 刘美珍,蒋高明,于顺利,等. 浑善达克退化沙地恢复演替 18 年中植物群落动态变化[J]. 生态学报,2004,24(8):1734-1740.
- [11] 郑翠玲,曹子龙,赵廷宁,等. 浑善达克沙地南缘农牧交错带弃耕地植被的演替规律[J]. 中国水土保持科学,2005,3(1):72-76.
- [12] 李红丽,董智,王林和. 浑善达克沙地流沙与四种主要植物群落土壤水分时空变化的研究[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(3):169-174.
- [13] 彭羽,蒋高明,牛书丽,等. 浑善达克沙地中部典型固定沙丘植物群落分析[J]. 西北植物学报,2006,6(7):1414-1419.
- [14] 李那何芽,余伟莅,胡小龙,等. 围栏禁牧对浑善达克沙地退化草场植物群落特征的影响[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(12):157-160.
- [15] 杨婷婷,刘朋涛,刘同海,等. 正蓝旗沙漠化草地分布格局及 2002—2011 年动态变化的遥感监测[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(10):181-185.
- [16] 李博. 生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [17] 马克平. 生物群落多样性的测度方法(I): α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [18] 张晶晶,王蕾,许冬梅. 荒漠草原自然恢复中植物群落组成及物种多样性[J]. 草业科学,2011,28(6):1091-1094.
- [19] 李禾,吴波,杨文斌,等. 毛乌素沙地飞播区植被动态变化研究[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(3):190-194.
- [20] 麻保林. 榆林沙区飞播造林种草主要技术[J]. 陕西林业,1998(5):32-33.
- [21] 哈斯宝力道,吕伟,李亚英,等. 提高浑善达克沙地飞播治沙造林成效的初步研究[J]. 内蒙古林业科技,2006(2):7-10.
- [22] 张继义,赵哈林,崔建垣,等. 科尔沁沙地沙丘植被发育过程及物种组成变化[J]. 干旱区研究,2004,24(1):72-75.
- [23] 李胜功,常学礼,赵学勇. 沙蓬:流动沙丘先锋植物的研究[J]. 干旱区资源与环境,1992,6(4):63-70.
- [24] 曹成有,蒋德明,朱丽辉,等. 科尔沁沙地草甸草场退化的原因与植物多样性变化[J]. 草业学报,2006,15(3):18-26.