

doi:10.11937/bfyy.20170954

上湾煤矿塌陷区群落植被特征

乔牡丹¹, 闫敏², 左合君², 杨阳², 王强², 刘宇胜²

(1. 内蒙古鄂尔多斯造林总场, 内蒙古 鄂尔多斯 014300; 2. 内蒙古农业大学 沙漠治理学院, 内蒙古风沙物理与防沙治沙工程重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010011)

摘要:通过对神府-东胜上湾煤矿塌陷区与未塌陷区植物分布情况的调查, 利用重要值、生活型、多样性指数等指标分析了未塌陷区与不同塌陷年限区域的植被组成特征, 以期为该矿区生态环境恢复提供理论依据与数据支撑; 进一步为生态脆弱区植被恢复建设提供参考依据。结果表明: 该区共有植物 64 种, 分属 20 科 51 属, 其中以菊科、禾本科、豆科和藜科占优势, 分别为 17、10、10、4 种; 未塌陷区植物以多年生草本和半灌木占优势, 塌陷区植被主要以多年生草本和一二年生草本植物为主, 沙生和旱生植物有所增加, 并出现了超旱生植物; 整个采煤塌陷区仍处于植被恢复初期, 效果并不明显, 甚至部分区域有退化趋势。

关键词:采煤塌陷; 重要值; 生活型; 物种多样性; 植被恢复

中图分类号:S 731.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)23-0133-08

随着社会经济的发展, 人们对能源的需求日益增加, 煤矿的发展规模日益扩大。然而, 大规模的煤层采掘, 将会导致地面大范围塌陷, 对本来脆弱的生态环境带来严重影响。如采煤塌陷形成的裂缝可降低土壤湿度, 改变土壤结构与理化性质; 同时改变植物群落的组成和结构, 降低塌陷区植被覆盖度^[1-2]。在干旱半干旱区, 采煤塌陷会直接

导致植被死亡率增加, 并引起塌陷区的严重风蚀^[3]; 甚至改变矿区环境和水文地质条件^[4], 从而进一步加剧了煤矿开采区生态环境的恶化^[5]。因此, 对于采煤塌陷区生态环境的恢复已成为研究热点。

目前, 关于采煤塌陷区生态环境恢复的研究主要集中在土壤改造技术^[6]、植被恢复技术^[7]以及土壤微生物利用技术^[8]等。植被恢复是生态环境恢复工程中的重要环节^[9], 是采煤塌陷区生态环境恢复最常用的方法之一^[10]。采煤塌陷区生态恢复的限制因素主要体现在土壤肥力和 pH 太低^[11], N、P 和有机质缺乏^[12]等方面, 而改善土壤理化性质与土壤结构有效方法是植被的恢复, 特别是对固氮植物的恢复。王琦等^[13]通过研究采煤塌陷后土壤理化性质与植被多样性均发生一

第一作者简介:乔牡丹(1973-), 女, 内蒙古杭锦旗人, 本科, 高级工程师, 现主要从事造林防沙治沙和森林资源管护等研究工作。E-mail: 522931402@qq.com.

责任作者:左合君(1971-), 男, 甘肃渭源人, 博士, 副教授, 现主要从事荒漠化防治等研究工作。E-mail: zuohj@126.com.

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0501000)。

收稿日期:2017-07-10

difference in the effects of different pH treatments on the petals color of white variety 'Iceberg', for red variety 'Samantha', there was large difference on the petals color. The colorimetric value changed from 53C to 53A when exposed to pH 1, while changed from 53C to 61B when exposed between pH 9 and pH 11. There was little difference in the effects of different pH treatments on the petal extracts of white variety 'Iceberg'. For red variety 'Samantha', there was large difference on the petal extracts.

Keywords: *Rosa hybrid*; pH; petal; anthocyanin; color

定程度的变化,因地制宜提出了植被恢复过程中相应恢复措施,如林草复合措施、灌木林地以及一些工程治理措施等。牛星等^[14]发现伊敏露天煤矿排土场在自然恢复过程中,群落物种组成逐渐接近原生植被群落,但其物种多样性却高于原生植物群落,分布均匀程度较低,达到稳定状态还需很长时间。上述研究对于研究植被组成特征具有重要借鉴意义。

上湾煤矿作为神府-东胜煤田主产区之一,其采煤塌陷区同样存在生态环境脆弱等问题。因此,探求区域植被演替规律,特别是研究恢复生态学中生态系统自然修复与植被重建过程和机理,是植被管理、利用改造和生态修复的重要依据,具有显著的理论 and 实际意义^[15]。该研究通过对上湾煤矿采煤塌陷区植被群落的调查,分析了不同塌陷年限区与未塌陷区植被组成特征以及物种多样性变化,明确了采煤塌陷区植被的演替方向,找出了与地带性植被的差异。为生态脆弱区人工植被恢复建设提供数据支撑,同时为矿区的生态恢复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

上湾煤矿位于伊克昭盟伊金霍洛旗乌兰木伦镇,属于神府-东胜矿区(东经 $109^{\circ}30' \sim 110^{\circ}30'$, 北纬 $38^{\circ}50' \sim 39^{\circ}50'$)。研究区属温带大陆性气候,年平均温度 7.3°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温约为 $3\,000^{\circ}\text{C}$,年平均降雨量为 358.2 mm ,年平均降雨日数为 67.8 d ,一般集中在7—8月。植被类型属草原向荒漠草原过渡的植被类型,以多年生、旱生、丛生禾草与旱生灌木、半灌木构成。优势种主要有中间锦鸡儿(*Caragana intermedia*)、百里香(*Thymus mongolicus*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、糙隐子草(*Cleistogenes ramiiflora*)等。地带性土壤为黑垆土和栗钙土。

1.2 研究方法

1.2.1 样地调查方法

试验于2016年7月下旬进行。根据研究区现有资料,在立地条件基本相似,植被受海拔影响较小的区域。选取塌陷年限为8、4年(分别对应于2008、2012年)的塌陷区与未塌陷区作为该研

究区域。每研究区域面积约为 5 hm^2 。每区域均采用样方法对植被进行调查,乔灌木样方规格为 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$,每区域布设10个,共30个;草本样方规格为 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$,在每个大样方内随机选择3个,共90个。调查内容包括植被种类、数量、高度、冠幅、盖度、密度以及生物量,其中生物量调查采用全部收获法,然后将采集样品置于通风干燥箱内, 65°C 恒温下烘干至恒重。

1.2.2 分析方法

重要值的计算:重要值=(相对密度+相对频度+相对盖度)/3。式中:相对密度(%)=某一植物种的个体数/群落中全部植物种的个体数 $\times 100$;相对盖度(%)=某一物种分盖度/群落中所有物种分盖度之和 $\times 100$;相对频度(%)=某一物种频度/群落中全部物种的频度之和 $\times 100$ 。

多样性指数的计算:根据马克平等^[16-17]对物种多样性的研究成果,选取群落物种多样性、均匀度、丰富度的3个多样性指数对样地群落的物种多样性进行分析,选取的指数有 Shannon-Wiener 物种多样性指数;Pielou 均匀度指数;Margalef 丰富度指数。各指数计算公式如下:Margalef 丰富度指数(O): $O=(S-1)\lg N$ 。S—物种数目;N—所有物种个体数总和。Shannon-Wiener 指数(H): $H=-\sum [N(n_i/N)] \lg [N(n_i/N)]$ 。 n_i —第*i*个种的个体数;N—群落中所有种的个体总数。Pielou 均匀度指数(J): $J=H'/\ln S$ 。 H' —Shannon-Wiener 指数;S—物种总数。

1.3 数据分析

利用 SAS 9.0 软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 植被群落物种组成

由表1可知,2008年塌陷区共发现植物50种分别隶属于35属17科,2012年塌陷区48种隶属于39属16科,未塌陷区共发现植物38种隶属于34属13科。其中,2008、2012年塌陷区与未塌陷区共有的植物26种,分属于22属10科,包括豆科植物7种,菊科6种,禾本科、藜科各3种,大戟科2种,萝藦科、远志科、牻牛儿苗科、紫葳科、蒺藜科各1种。未塌陷区特有种4种,分别是猪蒴(*Olgaea leucophylla*)、三芒草(*Aristida*

dascensionis)、小叶杨(*Populus simonii*)、黄花列当(*Orobanche pycnostachya*)。塌陷区特有种 11 种,分属于 10 属 8 科,分别是冷蒿(*Artemisia frigida*)、黄花蒿(*Artemisia annua*)、叉支鸦葱(*Scorzonera muriculata*)、赖草(*Leymus sacalinu*)、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、田旋花(*Convolvulus arvensis*)、百里香(*Thymus mongolicus*)、香青兰(*Dracocephalum moldavica*)、地梢瓜(*Cyanachum thesioides*)、沙葱(*Allium mongolicum*)、鹤虱(*Lappula myosotis*)。2008 年塌陷区特有种 8 种,分属于 8 属 5 科,分别是艾

蒿(*Artemisia argyi*)、飞廉(*Carduus crispus*)、苦蕒菜(*Ixeris polycephala*)、黄花草木犀(*Melilotus suaveolens*)、硬毛棘豆(*Oxytropis hirta*)、石竹(*Dianthus chinensis*)、鹅绒藤(*Cyanachum chinensis*)、地蔷薇(*Chamaerhodos erecta*)。2012 年塌陷区特有种 7 种,分属于 7 属 4 科,分别是凤毛菊(*Saussurea japonica*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)、芦苇(*Phragmites australis*)、硬质早熟禾(*Poa spyzondylodes*)、沙韭(*Allium bidentatum*)、麻黄(*Ephedra sinica*)。

表 1 上湾煤矿植物群落种类及重要值

Table 1 Plant community types and important values on Shangwan mine

科	属	种	拉丁学名	2008 年塌陷区	2012 年塌陷区	未塌陷区
Family	Genus	Species	Latin name	Subsidence area in 2008	Subsidence area in 2012	No subsidence area
菊科	狗娃花属	阿尔泰狗娃花	<i>Heteropappus altaicus</i>	1.8	1.9	2.2
		冷蒿	<i>Artemisia frigida</i>	0.2	0.8	—
		油蒿	<i>Artemisia ordosica</i>	4.8	1.9	12.9
	蒿属	猪毛蒿	<i>Artemisia scoparia</i>	16.5	24.5	6.1
		艾蒿	<i>Artemisia argyi</i>	0.6	—	—
		黄花蒿	<i>Artemisia annua</i>	0.8	1.4	—
	蓝刺头属	砂蓝刺头	<i>Echinops gmelini</i>	1.2	0.5	1.2
	凤毛菊属	凤毛菊	<i>Saussurea japonica</i>	—	0.7	—
	鳶蓟属	鳶蓟	<i>Olgaea leucophylla</i>	—	—	1.1
	蓟属	刺儿菜	<i>Cirsium segetum</i>	—	1.1	0.6
	飞廉属	飞廉	<i>Carduus crispus</i>	0.5	—	—
	蒲公英属	蒲公英	<i>Taraxacum mongolicum</i>	—	0.4	—
	鸦葱属	叉支鸦葱	<i>Scorzonera muriculata</i>	1.0	1.4	—
	苦苣菜属	苦苣菜	<i>Sonchus oleraceus</i>	—	0.3	—
		苣荬菜	<i>Sonchus brachyotus</i>	1.1	0.7	0.8
	苦蕒菜属	丝叶山苦蕒	<i>Ixeris chinensis</i>	1.1	0.6	2.2
		苦蕒菜	<i>Ixeris polycephala</i>	0.6	—	—
	芦苇属	芦苇	<i>Phragmites australis</i>	—	1.3	—
	三芒草属	三芒草	<i>Aristida dascensionis</i>	—	—	0.5
禾本科	早熟禾属	硬质早熟禾	<i>Poa spyzondylodes</i>	—	1.8	—
	赖草属	赖草	<i>Leymus sacalinu</i>	2.7	3.1	—
	拂子茅属	拂子茅	<i>Calamagrostis epigejos</i>	2.5	—	2.5
	针茅属	沙生针茅	<i>Stipa glareosa</i>	1.6	2.4	1.2
	画眉草属	画眉草	<i>Eragrostis pilosa</i>	—	0.4	0.8
	隐子草属	糙隐子草	<i>Cleistogenes ramiiflora</i>	2.2	3.1	12.1
	狗尾草属	狗尾草	<i>Setaria viridis</i>	1.9	2.5	4.1
	狼尾草属	白草	<i>Pennisetum asiaticum</i>	2.2	0.9	0.8
	苜蓿属	紫花苜蓿	<i>Medicago sativa</i>	1.3	0.8	—
	草木犀属	黄花草木犀	<i>Melilotus suaveolens</i>	1.1	—	—
豆科	锦鸡儿属	中间锦鸡儿	<i>Caragana intermedia</i>	3.8	2.9	8.6
	米口袋属	米口袋	<i>Gueldenstaedtia uliflora</i>	0.7	0.4	0.4
	黄芪属	草木犀状黄芪	<i>Astragalus melilotoides</i>	6.7	4.6	2.0
		斜茎黄芪	<i>Astragalus adsurgens</i>	2.7	2.5	1.3

表 1(续)

Table 1(Continued)

科	属	种	拉丁学名	2008 年塌陷区	2012 年塌陷区	未塌陷区
Family	Genus	Species	Latin name	Subsidence area in 2008	Subsidence area in 2012	No subsidence area
藜科	棘豆属	黄芪	<i>Astragalus membranaceus</i>	0.8	1.6	0.7
		砂珍棘豆	<i>Oxytropis psammocharis</i>	1.1	0.9	1.0
		硬毛棘豆	<i>Oxytropis hirta</i>	0.8	—	—
	胡枝子属	胡枝子	<i>Lespedeza bicolor</i>	3.2	5.8	5.3
	猪毛菜属	猪毛菜	<i>Salsola collina</i>	2.5	2.7	1.2
	虫实属	虫实	<i>Corispermum hyssopifolium</i>	12.7	0.8	12.2
	雾冰藜属	雾冰藜	<i>Bassia dasyphylla</i>	0.6	—	0.9
	藜属	灰绿藜	<i>Chenopodium glaucum</i>	0.5	0.6	0.6
	女娄菜属	女娄菜	<i>Melandrium apricum</i>	—	1.1	1.1
	石竹属	石竹	<i>Dianthus chinensis</i>	0.6	—	—
旋花科	旋花属	田旋花	<i>Convolvulus arvensis</i>	1.1	1.7	—
	菟丝子属	菟丝子	<i>Cuscuta chinensis</i>	0.6	—	1.0
唇形科	百里香属	百里香	<i>Thymus mongolicus</i>	1.2	1.0	—
	青兰属	香青兰	<i>Dracocephalum moldavica</i>	0.3	0.7	—
大戟科	大戟属	地锦	<i>Euphorbia humifusa</i>	0.3	0.5	0.7
		乳浆大戟	<i>Euphorbia esula</i>	1.2	1.2	1.2
		牛心朴子	<i>Cyananthus komarovii</i>	2.1	1.2	2.7
萝藦科	鹅绒藤属	地梢瓜	<i>Cyananthus thesioides</i>	0.6	1.0	—
		鹅绒藤	<i>Cyananthus chinensis</i>	0.5	—	—
百合科	葱属	沙葱	<i>Allium mongolicum</i>	0.7	0.8	—
		沙韭	<i>Allium bidentatum</i>	—	0.7	—
麻黄科	麻黄属	麻黄	<i>Ephedra sinica</i>	—	0.9	—
杨柳科	杨属	小叶杨	<i>Populus simonii</i>	—	—	2.7
榆科	榆属	榆树	<i>Ulmus pumila</i>	1.2	—	1.1
蔷薇科	地蔷薇属	地蔷薇	<i>Chamaerhodos erecta</i>	0.6	—	—
牻牛儿苗科	牻牛儿苗属	牻牛儿苗	<i>Erodium stephanianum</i>	1.7	5.6	0.7
远志科	远志属	远志	<i>Polygala tenuifolia</i>	0.2	1.4	1.7
紫草科	鹤虱属	鹤虱	<i>Lappula myosotis</i>	0.4	2.8	—
紫葳科	角蒿属	角蒿	<i>Incarvillea sinensis</i>	1.1	0.9	1.1
列当科	列当属	黄花列当	<i>Orobancha pycnostachya</i>	—	—	0.8
蒺藜科	蒺藜属	蒺藜	<i>Tribulus terrestris</i>	1.2	0.9	0.3

采用重要值作为种群优势度指标可以比较全面地反映植被不同的发育时期种群在群落中的功能地位和种群在群落中的分布格局。通过植被重要值计算显示,2008 年塌陷区植被以猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)(16.5),虫实(*Corispermum hyssopifolium*)(12.7)占优势,其次为草木犀状黄芪(*Astragalus melilotoides*)(6.7);2012 年塌陷区是以猪毛蒿(24.5)占绝对优势,其次是胡枝子(*Lespedeza bicolor*)(5.8)和牻牛儿苗(*Erodium stephanianum*)(5.6);未塌陷区优势种为油蒿(*Artemisia ordosica*)(12.9),糙隐子草(*Cleistogenes ramiiflora*)(12.1),虫实(*Corispermum hyssopifolium*)(12.2),其次为中间锦鸡儿(*Ca-*

ragana intermedia)(8.6)。整个地区的优势种中,油蒿、糙隐子草、中间锦鸡儿、猪毛蒿、胡枝子、虫实均是该地区的典型植被类型。由此可知,未塌陷区植被更接近于地带性植被,而不同年限塌陷区域虽物种数较多,但出现了大量杂草,说明塌陷对于地表的扰动影响较大,出现了不同程度的退化趋势,不利于植被自然恢复。

2.2 植被群落数量特征

由表 2 可知,未塌陷地区的平均盖度为 27.38%,2008 年与 2012 年塌陷区的平均盖度为 18.52%和 13.60%,未塌陷地区比 2008 年和 2012 年塌陷地区的植被盖度高出 8.86、13.78 个

百分点。同时,未塌陷地区植被的平均高度 18.06 cm,2008 年与 2012 年塌陷区的平均高度为 15.10、16.98cm,塌陷区植被高度明显比未塌陷区的低。而未塌陷区的平均密度却比塌陷地区的小。从植物个体形态上分析其原因,主要是由于未塌陷区的优势种是半灌木和多年生草本植物,塌陷区的植物以多年生草本和一二年生草本为主,未塌陷区植物的个体相比塌陷区的植物个体的盖度要大,自然高度要高,反映在群体特征上就表现为未塌陷区的平均盖度和平均高度大于塌

陷区,而平均密度小于塌陷区。并且不同塌陷年限样地之间的植株密度也存在显著差异。与未塌陷区相比,塌陷区的植被高度与盖度则无显著差异。

由表 2 还可知,未塌陷区植被生物量为 $(50.35\pm 5.12)\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 最高,而 2008 年与 2012 年塌陷区植被生物量相对较低,仅为 (39.38 ± 4.89) 、 $(36.25\pm 5.35)\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$;并且二者与未塌陷区差异显著($P<0.05$)。

表 2

上湾煤矿植被特征

Table 2

Vegetation characteristics of Shangwan mine

项目 Item	植被高度 Vegetation height /cm	植被密度 Vegetation density /(株·hm ⁻²)	植被盖度 Vegetation coverage /%	植被生物量 Vegetation biomass /(g·m ⁻²)
未塌陷区 No subsidence area	18.06±3.65a	104.60±6.32a	27.38±2.38a	50.35±5.12a
2008 年塌陷区 Subsidence area in 2008	15.10±3.26a	179.52±5.28b	18.52±2.64a	39.38±4.89b
2012 年塌陷区 Subsidence area in 2012	16.98±3.68a	148.85±5.63c	13.60±3.24a	36.25±5.35b

注:相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$)。下同。
Note: The same lowercase letters indicate that the difference was not significant ($P>0.05$). The same as below.

2.3 植被群落生活型

根据植物体态划分生活型,研究区植被组成主要以多年生草本和一二年生的草本植物为主。共有草本植物 57 种,乔木 2 种,灌木和半灌木共 5 种,其中多年生草本植物有 35 种,占总数的 54.7%,一二年生的草本植被有 22 种,占总数的 34.4%。由表 3 可知,2008 年塌陷区乔木、灌木和半灌木共 5 种,多年生草本 26 种,占总数的

52.00%,一二年生的草本植被 19 种,占总数的 38.00%;2012 年塌陷区乔木、灌木和半灌木共 5 种,多年生草本 27 种,占总数的 56.25%,一二年生的草本植被 16 种,占总数的 33.33%;未塌陷区乔木、灌木和半灌木共 5 种,多年生草本 20 种,占总数的 52.63%,一二年生的草本植被 13 种,占总数的 34.22%。

表 3

上湾煤矿植被生活型(种)

Table 3

Vegetation life type (species) on Shangwan mine

项目 Item		乔木 Arbor	灌木 Shrub	半灌木 Subshrub	多年生草本 Perennial herb	一二年生草本 Annual and biennial herb	合计 Total
未塌陷区	种数	2	1	2	20	13	38
No subsidence area	百分比/%	5.26	2.63	5.26	52.63	34.22	100.00
2008 年塌陷区	种数	1	1	3	26	19	50
Subsidence area in 2008	百分比/%	2.00	2.00	6.00	52.00	38.00	100.00
2012 年塌陷区	种数	0	1	4	27	16	48
Subsidence area in 2012	百分比/%	0.00	2.08	8.34	56.25	33.33	100.00

2008 年塌陷区相对 2012 年塌陷区而言,各生活型的植物种类数变化不大。2008 年塌陷区出现了一二年生杂草植物飞廉,一二年生的早中生植物黄花草木犀、地蔷薇,轻度耐盐中生植物硬

毛棘豆、多年生旱中生植物石竹,旱生、沙生植物鹅绒藤等。2008 年塌陷区出现但 2012 年塌陷区没有出现的植物有:多年生杂草类植物凤毛菊、刺儿菜(*Cirsium segetum*)、苦苣菜、硬质早熟禾,多

年生广生植物芦苇、旱生植物蒲公英一种、沙韭、草本状灌木麻黄,一二年生杂草画眉草(*Eragrostis pilosa*)和中生草本植物女娄菜(*Melandrium apricum*)。2008年塌陷区新出现的植物主要是旱生、沙生、旱中生的植物类型,而消失的多数为杂草类植物,分析原因可能是由于塌陷后,形成的地表干扰使生境更适宜于生长干旱类型的植物。

塌陷区的总植物种类数多于未塌陷区,2008年与2012年塌陷区有一二年生草本植物种类数分别为19种和16种,多于未塌陷区的13种;并且一二年生草本植物种类数随塌陷年限增加而逐年递增。结合表1还可以看出,塌陷区出现了许多旱生、沙生和杂草类植物。如超旱生多年生植物叉枝鸦葱,旱生半灌木百里香,旱生、沙生的多年生草本植物地梢瓜,鹅绒藤,沙葱、沙韭等,轻度耐盐中生植物硬毛棘豆,一二年生旱生、旱中生植物地蔷薇、鹤虱、黄花草木犀,并生有杂草香青兰、黄花蒿、飞廉,多年生杂草田旋花、苦苣菜等。

2.4 植被群落物种多样性

由表4可知,Shannon-Wiener多样性指数和Pielou均匀度指数变化幅度较小,而Margalef丰富度指数变化幅度较大,为3.994~5.002。丰富度指数大小顺序为2008年塌陷区>2012年塌陷区>未塌陷区。说明随着塌陷时间的延长,植被有退化的趋势。对比未塌陷区与不同塌陷年限区多样性指数可知,塌陷区要高于未塌陷区。这主要是由于塌陷区出现了大量杂草导致其多样性指数增大,同样证明了塌陷初期植被恢复效果不明显,甚至有退化趋势。由差异性检验可知,Shannon-Wiener多样性指数未塌陷区与塌陷区差异性显著,Pielou均匀度指数无显著性差异,Margalef丰富度指数未塌陷区与塌陷区存在显著性差异,而不同塌陷年间无显著性差异。整个样区仍处于塌陷初期,植被恢复效果较差,杂类草的出现导致丰富度指数的升高,因此造成以上差异。综上所述,上湾地区采矿所造成的地表塌陷,在近4~8年内,对植被的多样性和均匀度影响不大。

表4

上湾矿区植被的多样性指数

Table 4

Vegetation diversity index on Shangwan mine

项目 Item	香农指数 Shannon-Wiener	均匀度指数 Pielou	丰富度指数 Margalef
未塌陷区 No subsidence area	3.082a	0.847a	3.994a
2008年塌陷区 Subsidence area in 2008	3.343b	0.854a	5.002b
2012年塌陷区 Subsidence area in 2012	3.282c	0.843a	4.996b

3 讨论

3.1 采煤塌陷后群落物种演替规律

神府-东胜上湾煤矿采煤塌陷区植被类型主要以一二年生草本为主,多年生草本次之而乔木、灌木以及半灌木数量较少。与未塌陷区相比,其生活型差异较大,未塌陷区以多年生草本为主,且灌木数量也较塌陷区多。这与韩芳等^[18]的研究结果一致。该研究结果表明未塌陷区植物种类较塌陷区少,而叶瑶等^[19]认为对照区植物种类明显多于不同年限塌陷区,原因在于:一是研究区仍处于塌陷初期,植被未能自然恢复。由于塌陷裂缝导致土壤结构与理化性质被破坏,导致植被不能很好地自然生长,而在植被演替进程中,出现了大

量杂草,虽然植物种类增加,但杂草的出现反而是植被退化的标志;二是研究发现塌陷区也出现了糙隐子草、狗尾草等一些地带性植被,只是与地带性植被有一定差异,但同时也说明塌陷8年后较刚塌陷的植被有所恢复,植被开始出现一些耐旱性的沙生植被适应当地环境。

对比不同年限塌陷区植被组成特征可以得知,采煤塌陷后破坏了植被的生存环境,导致部分植被死亡,同时改变了植被的生活型构成。2008年塌陷区较2012年塌陷区增加了大量沙生植被,并且随着塌陷年限的增加,多年生草本数量也相应增多。主要是塌陷区地表由于塌陷裂缝的破坏,原来地表植被的生长环境受到外界空气、水分、土壤等自然因素或人为因素的干扰,塌陷裂缝边缘极易生长更适合塌陷地表环境的生活型植

物。因此,塌陷区的超旱生、旱生、沙生及杂草类植物也随之生长,并且随着塌陷年限的增加,此类植物的个体数量和类型数量也会随之增长。

3.2 采煤塌陷后群落多样性变化特征

物种多样性指数是衡量一定地区生物资源丰富程度的一个客观指标,物种多样性的恢复是植被恢复过程中重要特征之一^[20]。该研究结果表明未塌陷区域塌陷区多样性指数差异不显著,其中 Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数变化幅度较小,而 Margalef 丰富度指数变化幅度较大,塌陷区明显高于未塌陷区,并且随着塌陷年限的增加 Margalef 丰富度指数有上升趋势。左小安等^[21]认为在群落演替过程中多样性指数均表现出逐渐增加的趋势,究其原因主要是由于采煤塌陷后,塌陷破坏了原有生态环境,植被在恢复过程中适应干旱环境新增了大量耐旱性杂草类植物,使得采煤塌陷区物种多样性指数增加;加之未塌陷区的优势种明显与塌陷区的优势种不同,未塌陷区的优势种油蒿和中间锦鸡儿平均高度和平均盖度相对大,所占空间相对较大,其它非优势种植物生长空间相对较小,受优势种限制影响,非优势种植物种类相对要少,即丰富度较低。相反,2008 年由于地表塌陷年限相对较长,优势种的生存逐渐受到塌陷的影响,优势种的优势有所减弱,杂草和超旱生植物入侵数量逐年增多,所以丰富度较高。

王琼等^[22]采用时空互代的方法,探讨了废弃采石场植被自然恢复过程中物种多样性的变化规律,认为随着废弃地自然恢复年限的增加,植被组成由单一结构逐渐发展为复杂的物种组成结构,并逐渐趋于动态平衡,并且在整个自然恢复过程中,群落物种多样性指数随植被恢复表现出由低至高而后又降低的变化趋势。该研究通过野外实际调查分析了植被在演替恢复过程中物种多样性指数的变化规律,研究结果的差异体现了植被演替过程的变化规律。

综上所述,该研究塌陷区植被组成特征在塌陷初期有所退化,后期逐渐恢复,这符合群落植被演替规律。在不同恢复时期,群落的主要物种多有重复,表现出较强的连续性和递进性,说明植物群落演替速率比较缓慢;同时也说明植被要恢复至稳定状态还需要很长时间。

4 结论

上湾煤矿塌陷区共有植物 64 种隶属于 20 科 51 属,其中以菊科(17 种),禾本科(10 种),豆科(10 种)和藜科(4 种)占优势。未塌陷区植物以多年生草本和半灌木为主,植物群落较稳定。塌陷区植被主要以多年生和一二年生的草本植物为主,沙生和旱生杂类草数量增加。整个采煤塌陷区仍处于植被恢复初期,效果并不明显,甚至部分区域有退化趋势。未塌陷区植被明显优于塌陷区,随着塌陷年限的增加,植被出现恢复趋势。因此,在采煤塌陷区生态环境恢复建设中,除了自然恢复措施外,应采取一定人工植被补植补种措施促进其恢复效果,缩短恢复时间。

参考文献

- [1] LEI S G, BIAN F, DANIELS J L, et al. Spatio-temporal variation of vegetation in an arid and vulnerable coal mining region [J]. Mining Science and Technology, 2010, 20(3): 485-490.
- [2] 刘飞, 陆林. 采煤塌陷区的生态恢复研究进展[J]. 自然资源学报, 2009(4): 612-620.
- [3] 赵国平, 封斌, 徐连秀, 等. 半干旱风沙区采煤塌陷对植被群落变化影响研究[J]. 西北林学院学报, 2010(1): 52-56, 85.
- [4] 刘国庆. 准格尔旗煤田塌陷地生态修复研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2008.
- [5] 范英宏, 陆兆华, 程建龙, 等. 中国煤矿区主要生态环境问题及生态重建技术[J]. 生态学报, 2003(10): 2144-2152.
- [6] 王琦, 全占军, 韩煜, 等. 风沙区采煤塌陷不同恢复年限土壤理化性质变化[J]. 水土保持学报, 2014(2): 118-122, 126.
- [7] 吴燕, 陈鸿, 肖昕迪. 植被修复技术在矿区的应用研究进展[J]. 牡丹江师范学院学报(自然科学版), 2011(3): 28-30.
- [8] 李媛媛. 采煤塌陷地泥浆泵复垦土壤微生物多样性及土壤酶活性研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2015.
- [9] 包志毅, 陈波. 工业废弃地生态恢复中的植被重建技术[J]. 水土保持学报, 2004(3): 160-163, 199.
- [10] 王改玲, 白中科. 安太堡露天煤矿排土场植被恢复的主要限制因子及对策[J]. 水土保持研究, 2002(1): 38-40.
- [11] COSTIGAN P A, BRADSHAW A D, GEMMELL R P. The reclamation of acidic colliery spoil. I. acid production potential[J]. Journal of Applied Ecology, 1981(18): 865-878.
- [12] DANCER W S, HANDLEY J F, BRADSHAW A D. Nitrogen accumulation in kaolin mining wastes in Cornwall I natural communities[J]. Plant and Soil, 1977, 48(1): 153-167.
- [13] 王琦, 全占军, 韩煜, 等. 采煤塌陷区不同地貌类型植物群落多样性变化及其与土壤理化性质的关系[J]. 西北植物学报, 2014(8): 1642-1651.

- [14] 牛星,蒙仲举,高永,等.伊敏露天煤矿排土场自然恢复植被群落特征研究[J].水土保持通报,2011(1):215-221.
- [15] 张海峰,彭鸿,陈存根,等.南水北调中线水源区弃耕地草本植被演替初步研究[J].西北植物学报,2005(5):973-978.
- [16] 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(上)[J].生物多样性,1994(3):162-168.
- [17] 马克平,刘玉明.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(4):231-239.
- [18] 韩芳,李传荣,孙明高,等.废弃采石场植被自然恢复初期群

- 落的结构特征[J].中南林业科技大学学报,2008(2):35-39,49.
- [19] 叶瑶,全占军,肖能文,等.采煤塌陷对地表植物群落特征的影响[J].环境科学研究,2015(5):736-744.
- [20] BASKIN Y. Ecosystem function of biodiversity[J]. Biological Science, 1995, 44(10):657-660.
- [21] 左小安,赵哈林,赵学勇,等.科尔沁沙地不同恢复年限退化植被的物种多样性[J].草业学报,2009(4):9-16.
- [22] 王琼,辜再元,史春华,等.废弃采石场植被自然恢复过程中物种多样性变化特征[J].环境科学研究,2009(11):1305-1311.

Plant Community Constitute Characteristic of Coal Mining Subsidence Area on Shangwan Mine

QIAO Mudan¹, YAN Min², ZUO Hejun², YANG Yang², WANG Qiang², LIU Yusheng²

(1. Inner Mongolia Erdos Forest Farm, Erdos, Inner Mongolia 014300; 2. Control Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University/Inner Mongolia Key Lab Oratory of Aeolian Physics and Desertification Control Engineering, Hohhot, Inner Mongolia 010011)

Abstract: The plant community constitute characteristic with various periods since subsidence with areas were studied and analyzed which having no subsidence on Shenfu-Dongsheng Shangwan mine by importance value, life form and species diversity. The results showed that there were 64 species which belonged to 51 genera and 20 families in this region. And Compositae, Gramineae, Leguminosae and Chenopodiaceae enjoyed the species advantage as well as it had 17, 10, 10 and 4 species, respectively. The areas no subsidence enjoyed the perennial herb and subshrub's advantage. And subsidence area advantage species with perennial herb and annual or biennial herbs, meanwhile, it appeared psammophytes and erophytes even super-erophytes. The all coal mining subsidence area was still in a vegetation restoration early period, the effect was not obvious, even parts of region had a tendency to degeneration.

Keywords: mining subsidence; importance value; life form; species diversity; vegetation restoration

油菜管理技术要点

信息广角

1. 苗床管理,做到“四早”

即早匀苗、早间苗、早定苗、早施提苗肥。

2. 抓好苗床期病虫害防治

苗期病虫害防治。苗期主要病虫害有菜青虫、蚜虫、偶尔见少量霜霉病。菜青虫主要用菊酯类农药防治,蚜虫用吡虫灵防治,偶见有霜霉病用托布津、多菌灵或甲霜灵防治。

3. 注意遇旱抗旱,遇雨排渍

抗旱时应以水为主,适当加一些腐熟的猪粪水混合泼浇,直到旱情结束。也可用玉米等秸秆覆盖。在多雨情况下则应随时清沟防渍,减轻湿害和病害。

4. 移栽

壮苗标准。苗龄 30~35 d,根茎粗、短、直。移栽。实行分级移栽,667 m² 植 6 000~8 000 株,壮苗 6 000 株;弱苗或较弱苗 8 000 株,直播留苗 1.2 万株左右。

(摘自百度百科)