

立地条件对露天矿排土场植被重建的影响

杨卓, 周国驰, 盛世博, 辛建宝, 刘娜 (中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 辽宁沈阳 110015)

摘要 为了研究不同立地条件对露天矿排土场植被重建的影响, 选取了5种不同立地条件下的复垦地进行植物群落调查, 结合重要值、Margalef 丰富度指数(M_a)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Shannon 优势度指数(D)和 Pielou 均匀度指数(J_{inv})等植物多样性指标对5种立地条件下植物群落构成进行了分析, 并对群落之间的相似性系数和群落的稳定性指数进行了探讨。结果表明: 5种不同立地条件下共出现植物22种, 隶属于8科20属, 人工种植的多年生豆科、禾本科植物是排土场植被重建初期的优势种; 立地条件对生物多样性影响显著, 经客土改良的平面复垦地 M_a 指数最高且丰富性阈值达到“丰富”水平, 地形为坡面的两个样地具有较高的 H' 指数和 J_{inv} 指数; 立地条件可以对重建植物群落的相似性产生影响, 且地表物质性质对群落相似性的影响大于地形对群落相似性的影响; 监测的5个群落处于演替初期, 群落不稳定, 相比之下, 客土样地的平面群落稳定性最高。

关键词 立地条件; 植被重建; 群落组成; 物种多样性; 群落稳定性

中图分类号 X171.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)22-0080-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.22.019



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Influence of Site Conditions on Vegetation Reconstruction of Open Pit Dump

YANG Zhuo, ZHOU Guo-chi, SHENG Shi-bo et al (CTEG Shenyang Engineering Company, Shenyang, Liaoning 110015)

Abstract In order to study the influence of different site conditions on vegetation reconstruction of open-pit dump, five reclaimed lands with different site conditions were selected for plant community investigation. Combined with the important value, M_a index, H' index, D index and J_{inv} index, the composition of plant community under five site conditions was analyzed. The similarity coefficient and stability index of communities were discussed. The results show that; there are 22 species of plants in 5 different site conditions, belonging to 8 families and 20 genera. The perennial legumes and Gramineae are the dominant species in the early stage of vegetation reconstruction. Site conditions had a significant impact on biodiversity, and the M_a index of reclaimed land improved by foreign soil was the highest, and the richness threshold reached the “rich” level. The two plots with slope topography had higher H' index and J_{inv} index. Site conditions can affect the similarity of reconstructed plant communities, and the influence of surface material properties on community similarity is greater than that of topography. The five communities monitored in this study all in the early stage of succession, and the communities are unstable. In contrast, the stability of the plane community in the foreign soil sample plot was the highest.

Key words Site conditions; Vegetation reconstruction; Community composition; Species diversity; Community stability

露天开采造成土地受损严重, 植被恢复被认为是矿区损毁土地生态恢复的前提和基础^[1], 内蒙古处于干旱半干旱草原区, 相对脆弱的生态环境和恶劣的自然环境使排土场及矿区其他废弃地的生态恢复和重建成为一项艰巨、长期的工作。矿区排土场基质主要为采矿剥离物, 相对于漫长的自我生态修复和自然演替, 人工植被恢复可以在短期内取得较好的恢复效果。但受采矿作业方式影响, 需要进行植被恢复的场地立地条件复杂, 不同的立地类型决定着植被恢复的难易程度、植被类型的配置类型及演替规律, 只有针对不同立地条件进行植物的配置、栽植及管护才能达到对矿区排土场生态恢复与恢复的目的。

物种多样性是检验植被是否成功恢复的重要标准^[2], 立地条件差异决定了其环境因子不同, 不同立地条件使植物群落物种组成、优势种群、群落类型以及群落结构产生差异, 进而改变了植物群落的演替特征^[3]。该文通过研究不同立地条件下露天矿排土场植被恢复过程中的植被群落组成、物种多样性、群落的相似性和稳定性, 分析不同立地条件的生态恢复效果, 以期对露天矿排土场生态恢复和重建提供理论

依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况 以内蒙古某露天矿排土场植被为研究对象, 所在位置无霜期为 91~134 d。该矿煤炭生产能力为 1 800 万 t/年, 露天采场面积为 849 hm², 最大采深为 305 m。经过多年开采, 矿山排土场总占地面积为 1 449 hm², 现已开展生态修复面积 844 hm²。因该矿大部分地块不具备覆土条件, 以往生态修复以近自然修复为主导, 自 2018 年建设绿色矿山工作开展以来, 采取了水土保持、土壤改良、植被重建等修复措施对排土场进行生态修复工作, 以期恢复近自然生态系统。

选取排土场内 5 种典型的立地条件(表 1)作为观测样地。矿山剥离物以栗钙土为主, 为表土、泥岩、高灰分劣质煤、煤矸石和砂岩的混合物, 堆砌前对矿山剥离物进行破碎, 使粒径小于 20 mm, 整平后进行种植。客土来自采矿掘进方向草场, 覆盖深度 0.3~0.5 m。有机肥施用方式按鸡粪与牛羊粪有机肥质量比 1:1 混合撒施深耕, 平面用肥量为 25 t/hm², 坡面用肥量 27 t/hm²。

矿区于 2019 年展开大范围植被重建工作, 草本植物搭配为无芒雀麦、披碱草、冰草、短芒大麦草、燕麦草、杂花苜蓿、紫花苜蓿、黄花草木樨、达乌里胡枝子、红豆草、柠条、矮生波斯菊、紫花地丁、冷蒿等植物, 按禾本科:豆科:菊科=12:6:1 的比例进行条播, 栽植的灌木有沙棘和小叶锦鸡儿。

基金项目 中国煤炭科工集团公司科技创新创业基金(2018-2-ZD005); 中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司科技创新项目(NK017-2021, NK001-2018)。

作者简介 杨卓(1985—), 女, 黑龙江伊春人, 高级工程师, 硕士, 从事土地复垦与生态重建、绿色矿山建设研究。

收稿日期 2021-03-29

表 1 样地基本情况

Table 1 Basic information of sample plot

编号 Sample number	地表物质性质 Surface material properties	地形 Terrain	备注 Remarks
T1	矿山剥离物	平面	—
T2	矿山剥离物混施有机肥	平面	—
T3	客土	平面	临近草原
T4	矿山剥离物	坡面	—
T5	矿山剥离物混施有机肥	坡面	—

1.2 研究方法

1.2.1 植物群落学特征调查。调查工作于 2020 年 7 月进行,样方设计、数据采集按照中华人民共和国国家标准 HJ 710.1—2014《生物多样性观测技术导则 陆生维管植物》执行,调查记录每个样方内植物种类、分枝(蘖)数、高度、盖度。

1.2.2 重要值计算。重要值(IV)的计算公式为:

$$IV = RCO + RHE + RDE \quad (1)$$

式中,RCO 为相对盖度,是样方内某一种植物的盖度占群落中总盖度的百分比;RHE 为相对高度,是样方内某一种植物的自然高度占所有植物种自然高度的百分比;RDE 为相对密度,是样方内某一种植物的密度占群落总密度的百分比^[4]。

1.2.3 植物多样性统计。植物多样性统计采用以下 4 类指数:Margalef 丰富度指数(M_a)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Simpson 优势度指数(D)和 Pielou 均匀度指数(J_{us}),计算公式如下:

$$\text{Margalef 丰富度指数}(M_a): \\ M_a = (S-1)/\ln N \quad (2)$$

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数}(H'): \\ H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (3)$$

$$\text{Simpson 优势度指数}(D): \\ D = 1/\sum P_i^2 \quad (4)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数}(J_{us}): \\ J_{us} = H'/\ln M_a \quad (5)$$

$$\text{多样性阈值}(D_v): \\ D_v = H'/J_{us} \quad (6)$$

式中, S 为调查样方内物种数目, N 为调查样方内所有物种个体总数, P_i 为样方内某一种植物的密度占群落总密度的百分比。

植物物种多样性阈值的分级评价标准见表 2。

表 2 植物物种多样性阈值的分级评价标准^[5]

Table 2 Classification evaluation criteria of plant species diversity threshold

评价等级 Evaluation level	物种多样性阈值(D_v) Species diversity threshold	等级描述 Grade description
V	<0.6	差
IV	0.6~1.5	一般
III	1.6~2.5	较好
II	2.6~3.5	丰富
I	>3.5	非常丰富

1.2.4 群落相似性系数。群落相似性采用 Whittaker 相似性指数,计算公式如下:

$$PS = 1 - 0.5 \sum_{i=1}^S |a_i - b_i| \quad (7)$$

式中, S 为植物群落 A 和群落 B 中所记录的物种总数; a_i 是群落为种 i 在群落 A 全部个体中的比例; b_i 为种 i 在群落 B 全部个体中的比例。

1.2.5 群落稳定性指数。群落稳定性的计算方法采用改进后的 M.Godron 稳定性测定方法^[6]。坐标(20,80)为群落的稳定点,植物种类累积百分数和累积相对频度比值越接近(20,80)群落就越稳定,反之就越不稳定。

1.3 数据统计与分析 采用 Excel 2010 对数据进行基础处理,SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析,Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同立地条件的植物群落组成 对排土场不同立地条件下植物种类进行统计(表 3)。在调查的 5 个样地中,共出现 22 种植物种,分别属于 8 科 20 属,其中豆科 5 属 6 种,禾本科 5 属 5 种,菊科 3 属 3 种,蓼科 2 属 3 种,藜科 2 属 2 种,蔷薇科 1 属 1 种,木贼科 1 属 1 种,胡颓子科 1 属 1 种。豆科、禾本科两大科共计有 10 属 11 种,占全部种数的 50.00%,豆科和禾本科植物在排土场植被重建过程中占据着重要地位。对比 5 个样地,坡面矿山剥离物混施有机肥样地人工种植比例最大,客土样地中侵入物种比例最大。监测发现,菊科、蔷薇科植物只出现在平面,这也说明立地条件会对生物多样性产生影响。从重要值看,披碱草、冰草、草木樨为主要建群种。紫花苜蓿、草木樨、披碱草和猪毛菜 4 种植物在 5 个样地中均有出现,说明 4 种植物的适生性较强,能够适应矿区土地复垦植被重建初期不同立地条件。依据群落的植物生长型看,多年生草本植物是排土场生态恢复初期的主要物种,也是优势种。

群落的重要值是群落内物种组成、数量、分布等各因素的综合指标,可以直接反映出物种对群落的适应能力,分析其重要值发现,披碱草、冰草等多年生禾本科植物在采矿剥离物中具有较高的重要值,成为优势种,而紫花苜蓿和草木樨在立地条件为坡面的群落中具有较高的重要值,多年生豆科植物在坡面更占优势。综合而言,各样地优势种以人工植物为主,主要伴生一年生杂草如:扁蓄、猪毛菜、灰菜等,这说明在排土场植被重建过程中,人工植被种植是加速生态恢复的有效方式。犬问荆在客土样地的重要值为 105.18,在客土样地中达到最大值,客土样地位于露天矿采坑区北侧,临近自然草场,受西北风影响,草场种子借助风力入侵复垦区,客土样地采用客土改良方式进行植被重建,客土取自露天矿掘进方向草场,客土中自带种子库也使该样地成为物种丰富度指数最高的植被重建区。

2.2 不同立地条件的物种多样性 植物多样性是反应群落变化进程中的一个重要指标^[7],不同立地条件下物种多样性结果见图 1。 M_a 指数是衡量群落物种丰富程度最简单的方法,在所调查样地中, M_a 指数大小表现为: T3>T2>T5>T4>

T1, 客土样地中出现植物种类最多, 矿山剥离物混施有机肥样地次之。5个样地H'指数大小关系表现为:T5>T4>T1>T2>T3, 虽然客土样地物种数目较高, 但个体数目多集中在犬问荆上, 与之相比, 两处坡面不仅植物总数多, 而且物种的数目在个体之间分布较均匀。D指数除物种数目因素外, 还考虑了每个物种的相对多度, D指数越高, 表示优势种越少, 物种集中性越低, 群落多样性程度和丰富度越高。D指数和 J_{inv}

指数表现出相同的大小关系, T4>T5>T1>T2>T3, 客土样地D指数显著低于其他样地($P<0.05$), 样地内大多数植物个体集中在犬问荆上, 这是因为客土样地临近自然草场, 犬问荆作为入侵物种, 在其适应的立地条件下迅速占据生态位, 成为优势种。坡面的矿山剥离物样地D指数最高, 说明在该样地中没有明显的优势种。

表3 各样地植物群落组成与重要值

Table 3 Species composition and importance values of community under different patterns

序号 No.	所属科、属 Family and genus	植物名 Plant name	样地编号 Sample number				
			T1	T2	T3	T4	T5
1	豆科苜蓿属	* 紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i> L.	9.13	22.01	35.15	56.74	73.05
2	豆科草木樨属	* 草木樨 <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	11.19	30.12	23.60	47.43	57.71
3	豆科黄芪属	* 沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i> Pall.	34.63	—	—	—	—
4	豆科驴食草属	* 红豆草 <i>Onobrychis vicifolia</i> Scop.	18.92	—	10.19	40.61	11.74
5	豆科锦鸡儿属	* 柠条 <i>Caragana korshinskii</i> Kom.	6.45	4.48	—	—	8.03
6	豆科锦鸡儿属	* 小叶锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i> Lam	—	—	—	35.55	4.36
7	禾本科冰草属	* 冰草 <i>Agropyron cristatum</i> (L.) Gaertn	37.75	100.13	—	62.16	—
8	禾本科大麦属	* 短芒大麦 <i>Hordeum brevisubulatum</i> (Trin.) Link	—	—	22.34	—	—
9	禾本科雀麦属	* 无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i> Leyss.	—	—	9.85	—	39.81
10	禾本科披碱草属	* 披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> Turcz.	79.45	29.49	2.07	60.51	9.92
11	禾本科黍属	稷 <i>Panicum miliaceum</i> L.	—	—	—	—	50.57
12	菊科鹤虱属	鹤虱 <i>Carpesium abrotanoides</i> L.	16.21	5.36	17.05	—	—
13	菊科蒿属	* 冷蒿 <i>Artemisia frigida</i> Willd.	6.84	—	5.84	—	—
14	菊科苦苣菜属	苣荬菜 <i>Sonchus arvensis</i> L.	—	—	1.47	—	—
15	蓼科蓼属	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i> Laxm.	6.44	—	3.25	—	—
16	蓼科蓼属	扁蓄 <i>Polygonum aviculare</i> L.	—	51.02	—	57.02	12.52
17	蓼科酸模属	皱叶酸模 <i>Rumex crispus</i> L.	—	—	28.15	—	—
18	藜科藜属	灰菜 <i>Chenopodium album</i> L.	8.25	13.84	4.89	—	—
19	藜科猪毛菜属	猪毛菜 <i>Salsolacollina</i> Pall.	4.94	23.58	34.50	54.80	18.99
20	蔷薇科委陵菜属	委陵菜 <i>Potentilla chinensis</i> Ser.	27.66	—	8.61	—	—
21	木贼科木贼属	犬问荆 <i>Equisetum palustre</i> L.	—	—	105.18	—	—
22	胡颓子科沙棘属	沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i> Linn.	—	25.30	—	40.17	13.12

注: * 表示人工种植种, —表示样地内未出现该物种

Notes: * Planted species, —The species was not found in the plot

对照植物多样性阈值的分级评价标准, 平面的客土样地与矿山剥离物混施有机肥两个样地物种丰富度达到“丰富”水平, 平面与坡面的矿山剥离物样地与坡面的矿山剥离物混施有机肥3个样地物种丰富度处于“较好”水平。3种地表物质性质中, 矿山剥离物混施有机肥与客土样地的植物多样性高于矿山剥离物, 与坡面相比, 在植被重建过程中平面更有利于植物多样性的提高。

2.3 不同立地条件的群落相似性分析 由表4可知, 不同立地条件各样地之间群落相似性指数变化幅度较大, 相似性指数在0.434 9~0.827 2。总体来看, 平面矿山剥离物样地与其他各样地相似性系数均小于0.563 3, 该样地未经有机肥或客土改良处理, 作为沙打旺试验地块, 在种植过程中加入沙打旺种子, 委陵菜作为入侵成功的物种, 与沙打旺一样取得相对较高的重要值, 因此该样地与其他群落产生相似性差异。坡面矿山剥离物样地与平面矿山剥离物混施有机肥样地和平面客土样地相似性系数分别为0.720 3和0.649 4, 相似性指数均在0.50~0.75属于中等相似群落。坡面矿山剥离物混施有机肥样地与平面矿山剥离物混施有机肥样地、客土样地相似性系数分别为0.795 0、0.808 6, 平面矿山剥离物混施有

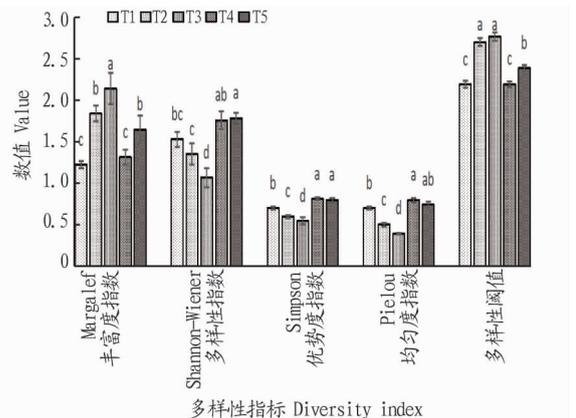


图1 不同立地条件下物种多样性

Fig.1 Species diversity under different site conditions

机肥样地与客土样地相似性指数为0.827 2, 相似性指数均在0.75~1.00, 属于极相似群落^[8], 具有极相似的几个群落均经过客土或有机肥改良。平面矿山剥离物样地与坡面矿山剥离物样地的群落相似性系数为0.561 1, 属于中等相似群落, 两个样地虽然地标物质性质相同, 但是地形条件不同, 影响了太阳辐射和降水的空间再分配, 改变局部生境的小气候条

件,进而影响群落的物种构成^[9]。

表 4 不同立地条件下群落的相似性系数

Table 4 Similarity coefficient of community under different site conditions

	T1	T2	T3	T4	T5
T1	1				
T2	0.434 9	1			
T3	0.563 3	0.827 2	1		
T4	0.561 1	0.720 3	0.649 4	1	
T5	0.495 0	0.795 0	0.808 6	0.779 8	1

上述分析说明,经过土壤改良的两处群落间具有极强的相似性,这种相似性的出现不会受到改良方式、地形条件 2 个因素的影响,经过土壤改良的群落与未经土壤改良的群落间表现为明显的相似性。说明是否进行土壤改良对群落相似性的影响大于不同改良方式对群落相似性的影响,立地条件会对群落相似性产生影响。

2.4 不同立地条件的群落稳定性分析 群落稳定性是研究

植物种群竞争和群落演替的有效方法^[10-11]。采用改进的 M. Godron 稳定性测定方法,各样地 Godron 散点图见图 2,5 种不同立地条件下的群落稳定性见表 5。由图 2、表 5 可知,5 个群落的模拟曲线的 R^2 值分别为 0.999 9、0.999 1、0.998 9、0.990 5和 0.999 6,方程显著性检验表明回归方程极显著($P < 0.01$),因此可以进行分析。从稳定性分析结果看,5 个平滑曲线模型 $y=ax^2+bx+c$ 与直线 $y=-x+100$ 的交点(x,y)交点坐标均远离(20,80)稳定交点坐标,说明 5 个样地均处于不稳定演替阶段。研究认为^[12-13],物种的冗余能提高系统恢复力和缓冲能力,群落稳定性由功能冗余决定,该矿植被重建工作启动仅两年,目前群落正处于演替的初期,排土场的土壤腐殖质少、弱黏化、肥力低,不利于植被的生理活性和生长发育,人工种植的一年生植物未能完成自繁,物种丰富度受到影响,没有足够的冗余维持其结构和功能的正常进行,因此群落处于不稳定状态。

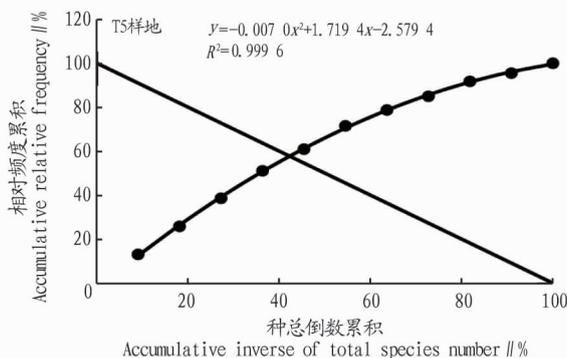
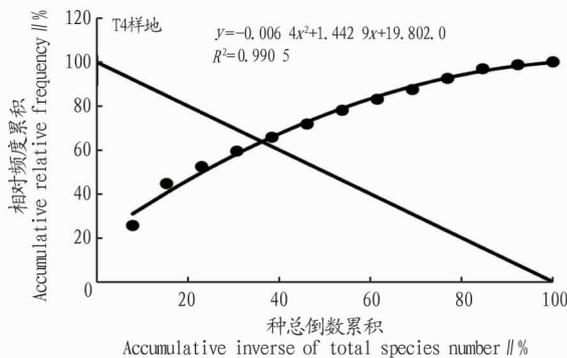
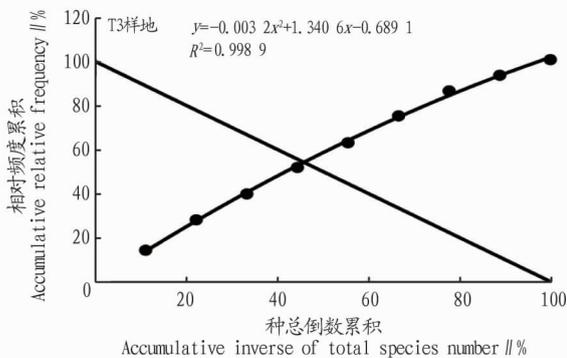
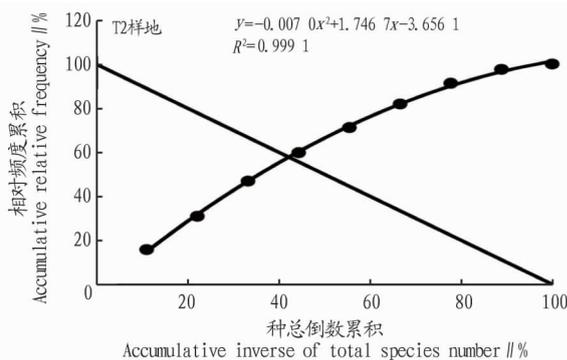
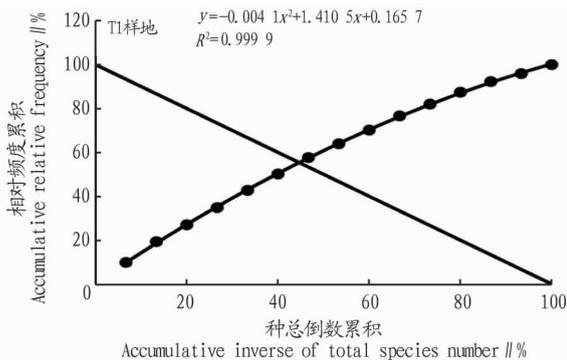


图 2 各样地的 Godron 散点

Fig.2 Godron scatter graphs of 5 plots

生物多样性与生态系统稳定性之间存在正相关关系^[14]。所调查的5处样地稳定性排序为T3>T5>T2>T1>T4,客土样地物种丰富度指数最高,多样性阈值最大,其焦点坐标(36.265,63.735)距离稳定点的欧氏距离最近,客土样地的稳定性处于最高水平。经过客土改良的平面复垦地在5处样地中具有最高的群落稳定性,两个混施有机肥的样地次之,两个矿山剥离物样地的稳定性最差。此外,多年生草本

植物具有一定的抵抗力和较高的恢复能力,草地植被的稳定性离不开植物自身的抵抗力和恢复力^[15-16]。在植被重建过程中,5处样地采用相同的植物种类和比例,但是人工种植的多年生植物在不同立地条件下的分布有差异,这是因为不同立地条件会对小气候产生影响,群落稳定性与水热条件有关,调控植物群落的生长^[17]。

表5 不同立地条件的群落稳定性分析结果

Table 5 Analysis results of community stability under different site conditions

样地编号 Sample number	曲线类型 Curve type	相关系数 Correlation coefficient	P	交点坐标(x,y) Coordinate of crossover point(x,y)	欧氏距离 Euclidean distance	结果 Result
T1	$y = -0.004 1x^2 + 1.410 5x + 0.615 7$	0.999 9	<0.01	(44.681, 55.319)	34.860	不稳定
T2	$y = -0.007 0x^2 + 1.746 7x - 3.656 1$	0.999 1	<0.01	(42.442, 57.558)	31.738	不稳定
T3	$y = -0.003 2x^2 + 1.340 6x - 0.689 1$	0.998 9	<0.01	(36.265, 63.735)	23.002	不稳定
T4	$y = -0.006 4x^2 + 1.442 9x + 19.802 0$	0.990 5	<0.01	(46.018, 53.982)	36.795	不稳定
T5	$y = -0.007 0x^2 + 1.719 4x - 2.579 4$	0.999 6	<0.01	(42.319, 57.681)	31.564	不稳定

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)该研究调查的5个样地共出现22种植物,分别属于8科20属,以披碱草、冰草、紫花苜蓿为代表的人工种植禾本科、豆科为优势种,紫花苜蓿和草木樨在坡面中的重要值高于平面。

(2)经过客土改良的平面复垦地物种数目最高,物种丰富度达到“丰富”水平;地形为坡面的两个样地具有较高的H'指数和J_{mes}指数,经过有机肥改良和客土改良过的坡面植物个体分布均匀程度较高。立地条件会对生物多样性产生影响。

(3)植物配置模式在一定程度上不能决定群落间的相似性,地表物质性质对群落相似性的影响大于地形对群落相似性的影响。立地条件可以对重建植物群落的相似性产生影响。

(4)受物种多样性影响,所调查的5处样地目前尚处于不稳定演替阶段,经过客土改良的平面复垦地群落稳定性最高,立地条件影响群落稳定性。

3.2 讨论 植物群落多样性可以促进生态系统的稳定性,植被重建过程中,选择合适的植被配置方式至关重要,地理位置以及坡度角度是影响植被配置模式的重要因素。台培东等^[18]研究认为沙棘是草原露天矿排土场植被重建的最佳植物,沙棘可以短期内郁闭成林并留住猪毛菜等风滚植物。该研究认为灌木率先成林,生态位降低,会造成植物多样性降低,生态系统稳定性差,与之相比,禾本科、豆科等多年生草本植物是较为理想的先锋植物,其具有耐贫瘠、抗逆性强等特点,可在短期内形成较高的盖度与密集根系,改善土壤环境,为乔灌植物生长提供条件,提高乔灌植物移栽成活率,同时保证植物多样性与重建群落的稳定性。也有学者认为^[19-20],以牧草作为先锋植物,2年后进行乔灌草的植物配置是一种较好的植被重建措施。

该文只研究了排土场植被重建演替初期不同立地条件下群落组成、物种多样性及群落相似性,生态系统的稳定性

受物种多样性、环境因素、人工干预以及外界扰动等诸多因素影响,并且随着复垦时间的变化,土壤质量随之改善,植物群落动态过程中各种群的自疏和他疏也发生着动态变化^[21],对于未来排土场植物群落结构、稳定性及演替方向还有待进一步观察和研究;随着复垦工作的推进与复垦技术的提高,最佳的植被配置模式也会相应发生变化^[22],对于不同恢复年限的植物适应性与植物配置模式的研究也将是未来矿区排土场植被重建工作的关注重点。

参考文献

- [1] GUO D G, ZHAO B Q, SHANGGUAN T L, et al. Dynamic parameters of plant communities partially reflect the soil quality improvement in eco-reclamation area of an opencast coal mine[J]. Clean: Soil, air, water, 2013, 41(10): 1018-1026.
- [2] 陈文思. 陕西黄土区自然恢复植物群落的结构及多样性特征[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [3] 贾希洋, 马红彬, 周瑶, 等. 不同生态恢复措施下宁夏黄土陵区典型草原植物群落数量分类和演替[J]. 草业学报, 2018, 27(2): 15-25.
- [4] 珊丹, 邢恩德, 荣浩, 等. 草原矿区排土场不同植被配置类型生态恢复[J]. 生态学杂志, 2019, 38(2): 336-342.
- [5] 盛海燕, 陈伟杰, 李伟成. 铜铃山国家森林公园不同林型群落及植被多样性研究[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2019, 18(4): 402-410.
- [6] 郑元润. 森林群落稳定性研究方法初探[J]. 林业科学, 2000, 36(5): 28-32.
- [7] 敖敦高娃, 宝音陶格涛. 不同时期放牧对典型草原群落地上生产力的影响[J]. 中国草地学报, 2015, 37(2): 28-34.
- [8] 贾希洋, 马红彬, 周瑶, 等. 不同生态恢复措施对宁夏黄土陵区典型草原植物群落特征的影响[J]. 中国草地学报, 2019, 41(1): 51-60.
- [9] 弓文艳, 陈丽华, 余新晓, 等. 辽东大伙房水库库区天然针阔次生林林分空间结构[J]. 生态学杂志, 2018, 37(11): 3255-3261.
- [10] 张志勇, 陶德定, 李德铎. 五针白皮松在群落演替过程中的种间联结性分析[J]. 生物多样性, 2003, 11(2): 125-131.
- [11] 李帅锋, 刘万德, 苏建荣, 等. 季风常绿阔叶林不同恢复阶段乔木优势种群生态位和种间联结[J]. 生态学杂志, 2011, 30(3): 508-515.
- [12] PILLAR V D, BLANCO C C, MÜLLER S C, et al. Functional redundancy and stability in plant communities[J]. Journal of vegetation science, 2013, 24(5): 963-974.
- [13] ROXBURGH S H, WILSON J B. Stability and coexistence in a lawn community: Experimental assessment of the stability of the actual community[J]. OIKOS, 2000, 88(2): 409-423.
- [14] 张景慧, 黄永梅, 陈慧颖, 等. 去除干扰对内蒙古典型草原植物叶片功能属性的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(18): 5902-5911.

高。全区Ⅱ级地总面积为 29 764.94 hm^2 ,Ⅱ级农用地在全区以吐曼塔勒乡居多,库尔玛乡和恰斯农场也有分布。Ⅱ级地的分布区域地形条件良好,耕作距离较为适宜,经实地咨询调查得知产量较Ⅰ级地相对偏低,灌溉保障率基本满足,道路通达度受一定的影响。全区评价范围内Ⅲ级农用地总面积为 12 757.53 hm^2 ,Ⅲ级农用地在评价范围内均有分布,以恰斯农场分布最多,库尔玛乡次之。Ⅲ级农用地离中心城镇具有一定距离,农户在种子、化肥、地膜等农用生产品购买和农产品买卖过程中具有很大的阻碍。全区评价范围内Ⅳ级农用地总面积为 9 954.10 hm^2 ,几乎分布在杂孜库勒乡和克孜勒阿瓦提乡。这些农用地耕作难度大,道路通达度很弱,灌溉条件差,远离城镇,农产品的交易受限很大。

4 结论

随着新疆南疆增减挂钩项目、土地整理项目、条田规模化等项目的有序进展,对南疆农用地质量评价具有一定的研究意义。通过分析,得出以下结论:

(1)通过多因素影响对评价单元的综合分值,在此基础上,采用 GIS 技术叠加,此方法能比较迅速而且科学合理地计算出各单元定级指数,为确定农用地质量级别,最后建立农用地质量等级数据库节省了大量时间,保证了最终成果的及时性。

(2)通过对麦盖提县农用地质量评定等级分析,共划分出Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级和Ⅳ级农用地质量等级。其中农用地Ⅰ级地面积为 14 852.15 hm^2 ,占全部耕地总面积的 22.06%,Ⅱ级地面积为 29 764.94 hm^2 ,占 44.21%;Ⅲ级地面积为 12 757.53 hm^2 ,占 18.95%;Ⅳ级地总面积为 9 954.10 hm^2 ,占 14.78%。

(3)全区Ⅰ级、Ⅱ级地主要分布在距中心城镇近,水利设施基本满足,灌溉条件相对其他乡镇较为优越,道路通达度较高的区域。

由于农用地评价范围大小不一,质量参差不齐,在不同的研究区域,不同的定级范围内,级别数量会有所差异,要根据当

地实际情况来分析,但总体来说级别数量的划分不宜过多。

参考文献

- [1] 胡存智.中国农用地分等定级理论与方法研究——兼论《农用地分等规程》总体思路及技术方案设计[J].中国土地科学,2012,26(3):4-13.
- [2] 奉婷,张凤荣,李灿,等.基于耕地质量综合评价的县域基本农田空间布局[J].农业工程学报,2014,30(1):200-210.
- [3] 赵小敏,郭熙.区域土地质量评价[M].北京:中国农业科学技术出版社,2005.
- [4] 张引,杨庆媛,李闯,等.重庆市新型城镇化发展质量评价与比较分析[J].经济地理,2015,35(7):79-86.
- [5] 陈韦,熊向宁,王芳,等.兼顾城市规划因素的城镇土地定级技术路线探讨:以武汉市商业用地定级为例[J].中国土地科学,2015,29(1):79-85.
- [6] 赵小敏,周丙娟,黄心怡,等.基于 GIS 与综合指数法的农村集体建设用地区域质量等级评价[J].农业工程学报,2018,34(7):249-255.
- [7] 李玉华,高明,许汀汀,等.基于 ArcEngine 的城镇土地定级估价信息系统设计与实现[J].中国土地科学,2015,29(1):92-97.
- [8] LIU Y S,ZHANG Y Y,GUO L Y.Towards realistic assessment of cultivated land quality in an ecologically fragile environment: A satellite imagery-based approach[J].Applied geography,2010,30(2):271-281.
- [9] WANG Z,WANG L M,XU R N,et al.GIS and RS based assessment of cultivated land quality of Shandong Province[J]. Procedia environmental sciences,2012,12(4):823-830.
- [10] BOGUNOVIĆ M,HUSNJAK S.Application of GIS technology on the example of multipurpose land evaluation in Brodsko Posavska County[J]. Agronomski glasnik,2000,63(1/2):55-69.
- [11] 王汉雄.模糊多层次综合评判在土地定级中的应用[J].兰州石化职业技术学院学报,2002,2(4):11-13.
- [12] 刘秀珍,徐世武.图像分析方法在土地定级中的应用与研究[J].国土资源信息化,2003(1):31-34.
- [13] 胡石元,刘耀林. Voronoi 图的扩展及其在土地定级因素影响半径确定中的应用[J].中国土地科学,2004,18(3):46-49.
- [14] 方艳群,狄春雷.欠发达县城乡镇基准地价评估方法研究[J].安徽农业科学,2017,45(31):202-204.
- [15] 张轶莹.基于主成分分析法的 BP 神经网络基准地价评估研究[D].郑州:河南农业大学,2015.
- [16] 杜婉婷.长春市九台区国有农用地定级及基准地价评估研究[D].长春:吉林大学,2020.
- [17] 易丹,赵小敏,郭熙,等.基于 Model Builder 的农村集体建设用地区域定级研究[J].江西农业大学学报,2018,40(4):895-904.
- [18] 中华人民共和国国土资源部.农用地定级规程:TD/T 1005—2003[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [19] 纳日麦.基于 GIS 技术的农用地质量评价:以赤峰市元宝山区为例[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2013.

(上接第 84 页)

- [15] 张继义,赵哈林.短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较[J].生态学报,2011,31(20):6060-6071.
- [16] 张继义,赵哈林.短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落抵抗力稳定性的测度与比较[J].生态学报,2010,30(20):5456-5465.
- [17] 董乙强,孙宗玖,安沙舟,等.短期禁牧对天山北坡蒿类荒漠群落特征及其稳定性的影响[J].草业科学,2018,35(5):996-1003.
- [18] 台培东,孙铁珩,贾宏宇,等.草原地区露天矿排土场土地复垦技术研究[J].水土保持学报,2002,16(3):90-93.
- [19] 魏忠义,马锐,白中科,等.露天矿大型排土场水蚀特征及其植被控制

效果研究:以安太堡露天煤矿南排土场为例[J].水土保持学报,2004,18(1):164-167.

- [20] LOYDI A,ECKSTEIN R L,OTTE A,et al.Effects of litter on seedling establishment in natural and semi-natural grasslands: A meta-analysis[J]. Journal of ecology,2013,101(2):454-464.
- [21] ALDAY J G,MARRS R H,MARTÍNEZ-RUIZ C.Vegetation succession on reclaimed coal wastes in Spain: The influence of soil and environmental factors[J]. Applied vegetation science,2011,14(1):84-94.
- [22] 王军,李红涛,郭义强,等.煤矿复垦生物多样性保护与恢复研究进展[J].地球科学进展,2016,31(2):126-136.