

民勤绿洲边缘人工梭梭(*Haloxylon ammodendron*)林衰败过程中 植被组成动态及群落相似性

何芳兰^{1,2}, 金红喜², 郭春秀², 马俊梅², 吴昊²

(1. 兰州大学 草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省治沙研究所 甘肃河西走廊森林生态系统国家定位观测研究站, 甘肃 兰州 730070)

摘要:以民勤绿洲边缘未退化(ND)、轻度退化(SLD)、中度退化(MD)及重度退化(SD)的人工梭梭(*Haloxylon ammodendron*)林为研究对象,通过野外定点监测与样方调查方法对其植被组成、物种多样性、优势种种群结构变化以及群落间相似性进行了研究。结果表明:(1)ND、SLD及MD林地植物群落灌木层植被均由4种植物组成,SD林地灌木层由3种植物组成,其优势种演替过程为单优种梭梭—共有种梭梭、红砂、白刺—单优种红砂;在草本层中,ND林地出现6种植物,SLD、MD及SD林地均出现9种植物,其优势种演替过程为五星蒿、盐生草—画眉草、黄花矾松。(2)人工梭梭林退化过程中,灌木层优势种梭梭、白刺和红砂种群龄级结构动态变化分别为稳定型—衰退型、增长型—稳定型—衰退型、持续增长型。(3)4种类型林地植物群落物种多样性指数也发生了不同程度变化,但整个林地植被趋向于更稳定方向发展。(4)4种林地植被群落两两之间的相似性为ND与SD之间的相似性最低,MD与SLD之间的相似性最高。这说明人工固沙林逐渐衰败过程其实是林地固定改变了林地生境,植物群落发生了由沙生植物群落向沙旱生植物群落演替。因此,在民勤绿洲边缘开展人工固沙林恢复与重建工作时,应将沙旱生植物红砂作为植物材料之一。

关键词:民勤绿洲;人工固沙林;龄级结构;物种多样性;群落相似性

文章编号:1000-694X(2017)06-1135-07

DOI:10.7522/j.issn.1000-694X.2016.00109

中图分类号:Q145

文献标志码:A

0 引言

民勤位于河西走廊东北部,东、西、北三面被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠包围。近年来,在当地政府与人民的共同努力下建植了大面积的人工梭梭(*Haloxylon ammodendron*)林,已在其外围形成了约300 km的“绿色长城”固沙带^[1]。人工梭梭林林地表层逐渐固定,土壤生物结皮形成与发育,有效固定了沙面,减少地面风沙活动以及土壤风蚀,减缓了就地起沙带来的沙尘危害。但是,林地表层土壤结皮形成后,一方面阻碍降雨及时入渗,使土壤中由于蒸散丧失的水分得不到补充,打破了原有的土壤水分平衡,土壤含水量下降^[2-6];另一方面,生物结皮在土壤表层形成一层的外壳,使得植物种子很难进入土壤中^[7-8],土壤中缺乏更新所需的种子,植物得

不到及时补充更新,最终致使固定沙丘人工林出现大面积衰败,严重区域甚至出现死亡现象。

近年来,国内外学者,尤其是长期从事民勤风沙研究的科技工作者对民勤绿洲边缘人工梭梭林衰退做了大量研究工作,主要在人工梭梭林退化原因、复壮技术及人工辅助更新等方面,并取得了一定的成果^[9-12]。民勤绿洲边缘固定沙丘人工林林地结皮形成后,虽然人工植被呈现出逐渐衰败趋势,但林地整个植被是否衰退?植被组成如何变化?目前,有关该区域人工固沙林衰败过程、植被组成特征及动态变化研究甚少。为此,笔者试图在民勤绿洲边缘70—90年代建植的人工梭梭林中筛选不同退化程度林地,通过对林地植被组成、优势种种群结构、物种多样性以及群落相似性研究,探讨干旱荒漠区人工固沙林衰败过程中林地植被组成特征及演替规

收稿日期:2016-09-27; **改回日期:**2016-12-19

资助项目:国家自然科学基金项目(31360203, 31560128);甘肃省创新群体项目(145RJJA335);甘肃省自然科学基金计划项目(1308RJZA267, 1308RJYA081)

作者简介:何芳兰(1980—),女,甘肃陇西人,副研究员,博士研究生,主要从事荒漠植物生理生态及植被恢复与演替研究。

E-mail: hefanglan2003@126.com

律,为干旱沙区人工林建植及可持续发展提供理论基础。

1 研究方法

1.1 研究区自然概况

研究区位于民勤治沙综合试验站周边(38°34′28″N,102°59′05″E),该区域属于典型的温带大陆性荒漠气候。冬季寒冷,夏季酷热,昼夜温差大,年平均气温 7.6℃,极端低温−30.8℃,极端高温 40.0℃,无霜期 175 d;降雨量小,蒸发量大,气候干燥,年均降雨量 113.2 mm,年均蒸发量 2 604.3 mm,干燥度 5.1,最高达 18.7,相对湿度 47%;光热充足,年均日照时间 2 799.4 h,≥10℃的活动积温 3 036.4℃;冬季盛行西北风,全年风沙日可达 83 d,并多集中在 2—5 月,年均风速 2.5 m·s^{−1},最大风速为 23.0 m·s^{−1};地下水埋深 23 m

左右。

1.2 研究方法

1.2.1 样地布设及植被调查

2014 年 9 月,以民勤县西沙窝 20 世纪 70—90 年代建植的人工梭梭林为研究对象,以建植植株生长、结实、林地更新苗以及结皮情况等为依据,将固定沙丘上退化人工梭梭林划分为轻度退化(SLD)、中度退化(MD)、重度退化(SD),并以未退化(ND)梭梭林作为对照(表 1)。在沙丘迎风坡,分别筛选 4 种类型样地 9 个,共 36 个;每个样地内布设 5 个 10 m×10 m 大样方;每个样方布设 5 个 1 m×1 m 小样方。木本植物调查:调查大样方内所有灌木高、冠幅、株数。草本植物调查:大样方内草本物种分布比较均匀,单种个体数超过 20 株,仅调查小样方内 3~5 株的高、冠幅及总株数;反之,每个物种调查 9~12 株的高、冠幅及总株数。

表 1 不同退化程度人工梭梭林生长状况及林表概况

Table 1 The growth status of planted *Haloxylon ammodendron* and woodland—surface condition

退化程度	植株生长状况	结实情况	2~5 a 生生苗	林地结皮覆盖度及类型
未退化 ND	良好	大量	有	结皮覆盖度小于 21%,主要为物理结皮
轻度 SLD	较好	大量	无	结皮覆盖度 65%~77%,主要为藻类结皮
中度 MD	有 1/3 枯枝	少量	无	结皮覆盖度 87%~100%,主要为藻类和地衣结皮
重度 SD	有 3/4 枯枝	极少量	无	结皮覆盖度 95%~100%,主要为地衣和藓类结皮

1.2.2 物种多样性测定

采用重要值(IV)测定群落种群组成,选取 Margale 指数(D_{ma})、Simpson 指数(D_{sim})、Shannon-Wiener 指数(H')衡量植物群落物种多样性特征,选取 Pielou 均匀度指数(J_{sw})衡量植物群落物种分布均匀程度^[13]。样地内群落的多样性指数按对应样方内各样方的多样指数平均值计。

$$IV = (\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度})/3 \quad (1)$$

$$D_{ma} = (S - 1)/\ln N \quad (2)$$

$$S_{sim} = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2 \quad (i = 1, 2, K, S) \quad (3)$$

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (i = 1, 2, K, S) \quad (4)$$

$$J_{sw} = - \sum P_i \ln P_i / \ln S \quad (5)$$

式中: S 为物种数目; N 为全部物种的个体总数; P_i 为物种 i 的个体数与全部物种个体总数 N 的比值。

1.2.3 木本层优势种龄级结构

应用相对年龄,采用株高和冠幅,并参考枝序划

分调查对象的年龄级,确定样地内的年龄结构。相对年龄以 $(H + D_{w-e} + D_{n-s})/3$ 计算,其中, H 为株高, D_{w-e} 为树冠东西轴长, D_{n-s} 为树冠南北轴长。

1.2.4 群落相关性系数

采用 Jaccard 相似性公式计算群落相似性系数^[14-15]:

$$q = c/(a + b - c) \quad (6)$$

式中: q 表示植物群落相似性系数; c 表示两个群落中共同物种数; a 和 b 分别表示群落 A 和 B 的物种总数。

依据 Jaccard 相似性原理^[16-17], q 值在区间[0.00,0.25]、[0.25,0.50]、[0.50,0.75]、[0.75,1.00]分别代表极不相似、中等不相似、中等相似、极为相似。

1.3 数据处理

应用 Excel 和 SPSS18.0 软件完成数据处理和统计分析。采用单因素方差分析和 Duccan's 多重比较方法对不同衰败程度梭梭林物种多样性进行显

著性分析(取显著度 $\alpha=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同退化程度人工梭梭林植被组成特征

ND、SLD 及 MD 林地植物群落灌木层植被均由 4 种植物组成(表 2),分属于 4 科 4 属;SD 林地灌木层由 3 种植物组成,分属于 3 科 3 属;4 种林地灌木层优势种演替过程为单优种梭梭—共有种梭

梭、红砂、白刺—单优种红砂。在草本层中,ND 林地出现 6 种植物,分属于 3 科 6 属(藜科 4 属 4 种,禾本科 1 属 1 种,兰雪科 1 属 1 种),SLD、MD 及 SD 林地均出现 9 种植物,均分属于 4 科 9 属;其中,SLD 林地藜科 4 属 4 种、禾本科 3 属 3 种、菊科 1 属 1 种、兰雪科 1 属 1 种,MD 和 SD 林地均是禾本科 4 属 4 种、藜科 3 属 3 种、菊科 1 属 1 种、兰雪科 1 属 1 种。草本层群落优势种演替过程为五星蒿、盐生草—画眉草—黄花矶松。

表 2 不同退化程度人工林地地上植被组成及其重要值

Table 2 Species composition and important value of vegetation in the <i>Haloxylon ammodendron</i> plantations		
退化程度	植被层	物种及其重要值
未退化 ND	灌木层	梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>), 89.6; 白刺(<i>Nitraria tangutorum</i>), 4.9; 沙拐枣(<i>Calligonum mongolicum</i>) 3.6; 白沙蒿(<i>Artemisia sphaerocephala</i>), 1.9。
	轻度 SLD	梭梭, 35.6; 白刺, 26.0; 红砂(<i>Reaumuria songarica</i>), 25.7; 沙拐枣, 12.7。
	中度 MD	红砂, 38.3; 白刺, 31.3; 梭梭, 21.3; 沙拐枣, 9.1。
	重度 SD	红砂, 68.5; 白刺, 22.0; 梭梭, 9.5。
未退化 ND	草本层	五星蒿(<i>Bassia dasyphylla</i>), 30.4; 盐生草(<i>Halogeton glomeratus</i>), 26.5; 画眉草(<i>Eragrostis pilosa</i>), 15.4; 虫实(<i>Corispermum patelliforme</i>), 11.6; 黄花矶松(<i>Limonium aureum</i>), 8.9; 沙米(<i>Agriophyllum squarrosum</i>), 7.2
	轻度 SLD	画眉草, 44.4; 黄花矶松, 24.6; 盐生草, 10.4; 五星蒿, 6.9; 猪毛菜(<i>Salsola collina</i>), 5.5; 砂蓝刺头(<i>Echinops gmelinii</i>), 4.1; 虎尾草(<i>Chloris virgata</i>), 2.1; 冠芒草(<i>Enneapogon borealis</i>), 1.5; 沙米, 0.5
	中度 MD	画眉草, 47.2; 黄花矶松, 21.9; 五星蒿, 10.2; 盐生草, 6.4; 砂蓝刺头, 4.9; 猪毛菜, 4.3; 虎尾草, 3.0; 冠芒草, 1.8; 锋芒草(<i>Tragus racemosus</i>), 0.3
	重度 SD	画眉草, 46.6; 黄花矶松, 21.1; 盐生草, 9.7; 猪毛蒿(<i>Artemisia scoparia</i>), 8.4; 虎尾草, 5.9; 猪毛菜, 2.8; 冠芒草, 2.7; 五星蒿, 2.1; 锋芒草, 0.7

2.2 不同退化程度人工林灌木层优势种龄级结构

应用相对年龄将 4 种林地灌木层优势种梭梭种群、红砂种群和白刺种群均划分成 6 个龄级(图 1)。随着林地退化程度加剧,3 种优势种种群龄级结构发生了很大变化。梭梭种群龄级结构动态变化为:稳定型(ND)——轻度衰退型(SLD)——中度衰退型(MD)——重度衰退型(SD)。红砂种群在 ND 林地没有;在 SLD 林地已出现,种群 I 和 II 级植株数量均在 40% 以上,IV 级以上植株不到 4%;MD 和 SD 林地中,虽然 IV 级以上植株百分比逐渐增加大,但是 I 和 II 级植株数量百分比之和均高于 70%;这说明红砂种群成功定居人工林地之后,一直处于增长型。在人工林由 ND 向 SLD 过程中,白刺种群主要由 I、II 和 III 级植株组成,而且 I 株数百分比远大于 VI 级,这说明白刺种群龄级结构一直处于增长型;在 MD 和 SD 林地中,白刺种群属于典型稳定性和轻度衰老型。

2.3 不同退化程度人工梭梭林物种多样性

对不同退化程度人工梭梭林植物群落物种多样性指数进行了统计,并对各指数不同水平间差异性进行了分析(表 3)。民勤绿洲边缘人工梭梭林逐渐衰退过程中,灌木层物种数先保持不变然后减少,而个体数一直处于持续增大趋势;草本层物种数和个体总数均先增大后再保持稳定状态。灌木层 D_{ma} 指数逐渐减小,且各水平两两之间差异均显著($P<0.05$);草本层 D_{ms} 指数先增大后再保持恒定,除 ND 与 SLD、MD、SD 间差异显著($P<0.05$)外,其余各水平间差异性均不显著。灌木层 D_{sim} 、 H' 及 J_{sw} 指数均先急剧增大后逐渐减小,且 4 水平两两之间差异均显著($P<0.05$);草本层中, D_{sim} 指数呈现出先增大后再保持恒定趋势, H' 和 J_{sw} 先急剧减小再保持恒定趋势,ND 与 SLD、MD、SD 水平间差异性均显著($P<0.05$),但 SLD、MD 及 SD 两两之间差异不显著。

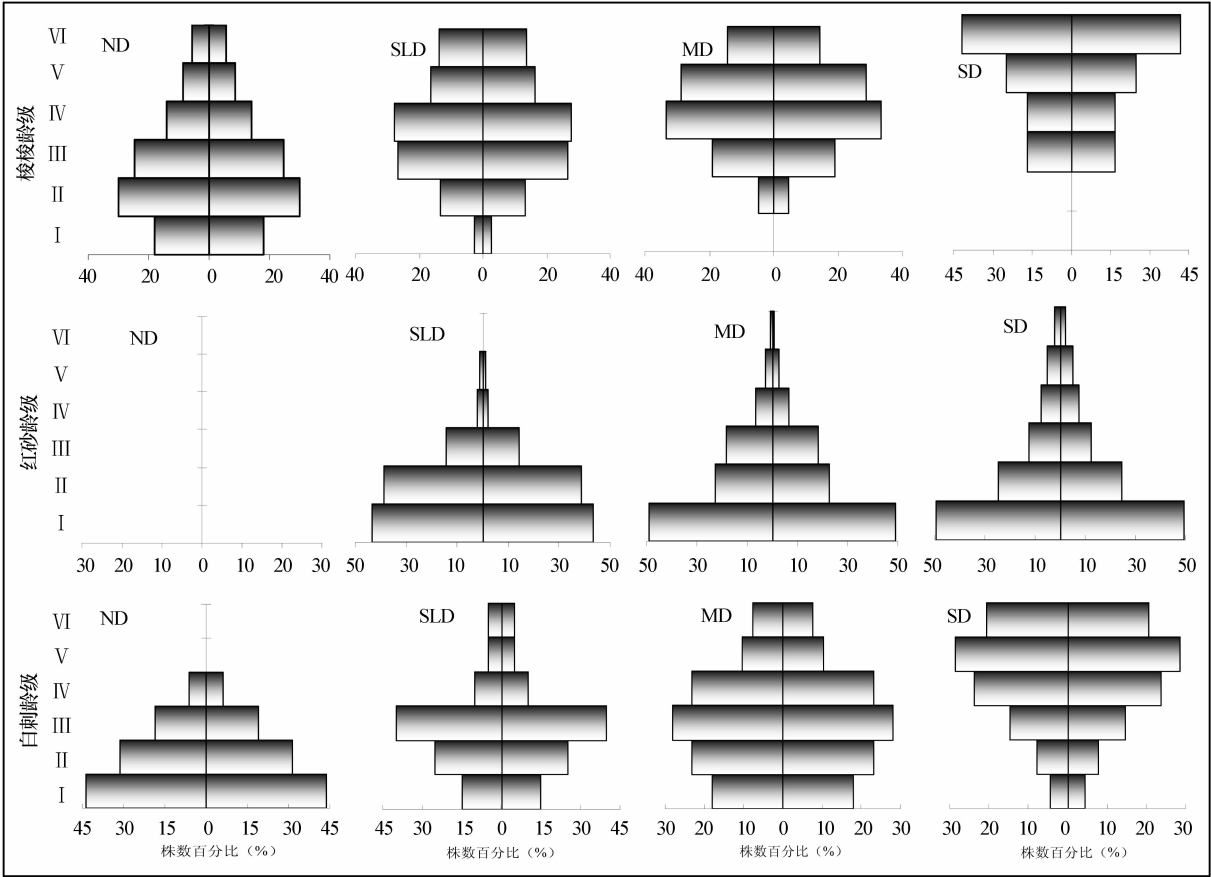


图 1 不同退化程度人工林灌木层优势种龄结构级组成

Fig. 1 Age class structures of dominant species in shrubs layer of *Haloxylon ammodendron* plantations at different degree of degeneration

表 3 不同退化程度人工梭梭林物种多样性

Table 3 Species diversity of *Haloxylon ammodendron* plantations at different degree of degeneration

退化程度	植被层	种数 S	植株总数 N	物种丰富度指数 D_{ms}	优势度指数 D_{sim}	多样性指数 H'	均匀性指数 J_{sw}
未退化 ND	灌木层	4	18.5	1.03 ± 0.12^d	0.15 ± 0.02^a	0.41 ± 0.05^a	0.32 ± 0.02^a
轻度 SLD		4	23.4	0.95 ± 0.09^c	0.70 ± 0.06^d	1.29 ± 0.13^d	0.96 ± 0.09^d
中度 MD		4	40.7	0.81 ± 0.11^b	0.61 ± 0.05^c	0.97 ± 0.11^c	0.72 ± 0.08^c
重度 SD		3	97.5	0.43 ± 0.07^a	0.34 ± 0.04^b	0.57 ± 0.09^b	0.54 ± 0.04^b
未退化 ND	草本层	6	2 140.5	0.65 ± 0.03^a	0.57 ± 0.03^a	1.23 ± 0.05^b	0.67 ± 0.06^b
轻度 SLD		9	9 496.9	0.87 ± 0.04^b	0.72 ± 0.02^b	1.06 ± 0.04^a	0.46 ± 0.03^a
中度 MD		9	9 764.7	0.87 ± 0.05^b	0.70 ± 0.04^b	1.02 ± 0.04^a	0.45 ± 0.05^a
重度 SD		9	9 880.6	0.87 ± 0.07^b	0.69 ± 0.04^b	1.03 ± 0.06^a	0.47 ± 0.05^a

表中同一列不同字母表示差异性不显著($P<0.05$)。

2.4 不同退化程度人工固沙林植物群落相似性

根据 Jaccard’s 相似性原理,对 4 种类型林地植物群落间的相似性进行了分析(表 4)。4 种类型林地植物群落两两之间存在不同程度的相似性。其中,ND 与 MD、SD 之间均存在中等不相似关系,与 SLD 间呈中等相似关系;SLD 与 SD 以及 SD 与 MD

之间均存在中等相似关系;MD 与 SLD 之间存在极为相似关系。

3 讨论

民勤绿洲边缘人工固沙林衰败过程中,林地植被群落物种组成及其优势种发生了明显更替。其中,灌木层植被主要以沙旱生植物组成,灌木层优势

表 4 不同退化人工梭梭林植物群落相似性系数
Tab. 4 The Jaccard's similarity coefficient along
4 types of plant communities

项目	未退化 ND	轻度 SLD	中度 MD	重度 SD
未退化 ND	1			
轻度 SLD	0. 53	1		
中度 MD	0. 44	0. 85	1	
重度 SD	0. 38	0. 67	0. 79	1

种变化为单优种梭梭——共有种梭梭、红砂、白刺——单优种红砂；草本层植物以短命的避旱生植物和强旱生植物为主，其优势种由沙生植物逐渐向短命高结实或强旱生多年生草本演替，即共有种五星蒿、画眉草——共有种画眉草、黄花矶松。植物群落物种组成是决定群落性质最重要的因素，物种重要值大小代表着其相对重要性和最适生境，优势种更替标志着群落演替出现^[18-20]。这说明民勤绿洲边缘人工固沙林衰败前后林地生境发生了变化，植被群落向着适应性更强的植物群落演替。尽管 4 种类型林地植被物种组成截然不同，但其科属组成均呈现出多数种属于少数科、少数种属于多数科、绝大部分物种是单属单种的特征，这与前人对西北干旱区植被组成研究结果一致^[21-24]。

植物种群数量动态变化是植物个体生存能力与外界环境相互作用的结果，能客观反映种群的发展和演变趋势^[25-26]。本研究对灌木层优势种群龄级结构动态变化进行了研究分析，发现梭梭种群龄级结构出现了稳定型—轻度衰退型—中度衰退型—重度衰退型变化，白刺种群龄级结构出现了增长型—稳定型—轻度衰退型变化，红砂种群龄级结构一直处于增长型。这说明人工固沙林地固定后林地生境条件存在持续性变化，生境条件的变化不断抑制梭梭和白刺种群更新，却促进红砂种群扩散与繁殖。

植物群落物种多样性是一个群落中物种数目和各物种个体数目分配的均匀度，不仅反映了群落组成中物种的丰富程度，也反映了不同自然地理条件与群落的相互关系，以及群落的稳定性与动态，是群落结构组成的重要特征^[9,14,27]。本研究发现，在人工固沙林衰败过程中，灌木层物种丰富度 D_{ma} 指数一直处于减小趋势，优势度 D_{sim} 指数、 H' 多样性指数、 J_{sw} 均匀度指数均呈现出先急剧增大再缓慢减小的趋势；草本层 ND 林地物种数、总株数以及 D_{ma} 指数最小， H' 和 J_{sw} 指数最大，并与其他林地间差异显

著。这可能是林地结皮未形成前，风蚀沙埋长期干扰，灌木层植物很难实现种子繁殖，林地物种总数较小，一些诸如白刺、沙拐枣之类植物只能在特殊的微区域根蘖繁殖物并呈微斑点式存在，因此该区域植被呈现出 D_{ma} 指数较大， D_{sim} 、 H' 和 J_{sw} 指数较小特征；林地固定后，沙旱生植物红砂逐渐入侵并以种子广泛繁殖，总盖度和物种总数随之增大，SLD 阶段林地出现了多个共优种，林地植被 D_{sim} 、 H' 和 J_{sw} 均达到最大；随后，林地生物结皮逐渐增厚，林地土壤水分分布失衡，梭梭、白刺、沙拐枣等灌木严重退化或死亡、红砂种群持续增大，多样性指数又呈现减小趋势。本试验植被调查在大型降雨之后进行，该区域草本层物种以 1 年生避旱植物为主，因此草本层物种数及总株数相对较大；因不同林地结皮覆盖率及厚度不同造成降雨的再分配程度不同，最终导致不同林地草本植物物种数、地上密度以及空间分布完全不同，因此不同林地草本层植物多样性指数存在差异。这说明该区域不同林地植物群落多样性指数变化主导因子为林地结皮形成与发育，这也意味着该区域植被组成及物种多样性仍处于阶段性变化状态。诸多研究认为植物群落多样性、群落演替过程及方向主要受生境因子影响^[28-31]，本研究结果也证实了这一结论。

植物群落相似性指数大小是植物群落间异质性重要标志，也是植物群落生境条件异质性体现^[32]。本试验依据 Jaccard's 相似性原理对 4 种林地植物群落相似性进行了分析，发现 ND 群落与 MD、SD 群落间均存在中等不相似关系，与 SLD 群落间存在中等相似关系；SLD 群落与 SD 群落以及 SD 群落与 MD 群落之间均存在中等相似关系；MD 群落与 SLD 群落之间存在极为相似关系，这意味着 ND 群落与 MD、SD 群落间物种组成、生境条件异质性最大，MD 与 SLD 间的异质性最小。这主要是 ND 林地土壤表层被大量流沙覆盖，而 MD、SD 林地土壤表层被厚厚的结皮覆盖，虽然气象因子异质性不大，但土壤水热以及林表物理组成异质性很大；MD 与 SLD 林地表层均是结皮覆盖，生境异质性相对较小，因此植物群落异质性也最小。

西北干旱荒漠区 1 年生草本变化主要受降雨主导，而灌木和多年生草本才是群落结构稳定主要标志^[33-36]。本研究发现，随人工固沙林退化程度加剧，虽然灌木层物种组成、优势种组成其龄级结构均发生变化，但红砂种群一直处于稳定增长状态；同时，草本层多年生草本种数和株数均在逐渐增大，意

味着该区域草本层植被也在趋向于更稳定方向发展。这表明人工固沙林衰退过程实质是林地土壤结皮形成改变了林地微生境,驱使林地植物群落向适应性更强的植物群落演替过程。因此,建议在民勤绿洲边缘开展人工植被恢复与重建工作时,应将红砂作为固定沙丘植被恢复物种之一。

4 结 论

人工固沙林逐渐退化过程中,灌木层优势种发生了由沙生植物向沙旱生植物的演替,草本层优势种呈现出由 1 年生草本向多年生草本的演替。灌木层物种组成趋于单一化、分布趋于均匀化,其优势种梭梭、白刺和红砂种群龄级组成动态变化分别为稳定型—衰退型、增长型—稳定型—衰退型和持续增长型;草本层物种组成趋于复杂化、分布趋于斑点化。4 种林地植物群落存在不同程度相似性,ND 群落与其他群落间相似性最低,SLD 群落与 MD 群落间相似性最高。沙丘土壤生物结皮形成与发育限制了梭梭、白刺、沙拐枣等种群更新与扩散,促进红砂种群定居与扩散;红砂应作为民勤绿洲边缘固定沙丘人工植被恢复与重建主要灌木之一。

参考文献:

[1] 常兆丰. 民勤人工绿洲的形成、演变及其可持续性探讨[J]. 干旱区研究, 2005, 25(1): 1—9.

[2] 李新荣, 张景光, 王新平, 等. 干旱沙漠区土壤微生物结皮及其对固沙植被影响的研究[J]. 植物学报, 2000, 42(9): 965—970.

[3] 刘立超, 李守中, 宋耀选, 等. 沙坡头人工植被区微生物结皮对地表蒸发影响的试验研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 191—195.

[4] 李守中, 肖洪浪, 罗芳, 等. 沙坡头植被固沙区生物结皮对土壤水文过程的调控作用[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 228—233.

[5] 李新荣, 龙利群, 王新平, 等. 干旱半干旱地区土壤微生物结皮的生态学意义及若干研究进展. 中国沙漠, 2001, 21(1): 4—11.

[6] 李守中, 肖洪浪, 宋耀选, 等. 腾格里沙漠人工固沙植被区生物土壤结皮对降水的拦截作用[J]. 中国沙漠, 2002, 22(6): 612—616.

[7] 陈荣毅, 张元明, 魏文寿, 等. 不同沙丘部位和不同结皮类型对土壤种子库的影响[J]. 干旱区研究, 2008, 25(1): 107—112.

[8] 苏延桂, 李新荣, 陈应武, 等. 生物土壤结皮对荒漠土壤种子库和种子萌发的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 938—946.

[9] 常兆丰, 韩富贵, 仲生年, 等. 民勤沙区人工梭梭林自然稀疏过程研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(1): 147—154.

[10] 陈芳, 纪永福, 张锦春, 等. 民勤梭梭人工林天然更新的生态条件[J]. 生态学杂志, 2010, 29(9): 1691—1695.

[11] 王继和, 马全林. 民勤绿洲人工梭梭林退化现状、特征与恢复

对策[J]. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2107—2112.

[12] 张锦春, 纪永福, 王芳林, 等. 民勤退化人工梭梭种群雨养恢复试验研究[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(1): 77—81.

[13] 刘林馨. 小兴安岭森林生态系统植物多样性及生态服务功能价值研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012: 18—19.

[14] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[15] 梅象信, 徐正会, 张继玲, 等. 昆明西山森林公园东坡蚂蚁物种多样性研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(2): 170—176.

[16] 沈蕊, 张建利, 何彪, 等. 元江流域干热河谷草地植物群落结构特征与相似性分析[J]. 生态环境学报, 2010, 19(12): 2821—2825.

[17] 马全林, 卢琦, 魏林源, 等. 干旱荒漠白刺灌丛植被演替过程土壤种子库变化特征[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2285—2294.

[18] 柴勇, 孟广涛, 方向京, 等. 云南金沙江流域退化林地群落特征研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 146—151.

[19] 史作民, 程瑞海, 刘世荣, 等. 宝天曼植物群落多样性研究[J]. 林业科学, 2002, 38(6): 17—23.

[20] 李贵祥, 孟广涛, 方向京, 等. 滇中高原桉木人工林群落特征及生物量分析[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(4): 362—366.

[21] 邵新庆, 王塋, 王赞文, 等. 典型草原自然恢复过程中植物群落动态变化[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 855—860.

[22] 何芳兰, 李治元, 赵明, 等. 民勤绿洲边缘盐碱化退耕地植被自然演替规律及土壤水分垂直变化研究[J]. 中国沙漠, 2010, 30(6): 1374—1380.

[23] 党荣理, 潘晓玲. 西北干旱区荒漠区种子植物科的区系分析[J]. 西北植物学报, 2002, 22(1): 24—32.

[24] 何芳兰, 刘世增, 李昌龙, 等. 甘肃河西戈壁植物群落组成特征及其多样性研究[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(4): 74—77.

[25] Crawley M J. Plant Ecology[M]. London, UK: Blackwell Scientific Publication, 1986: 97—185.

[26] 朱学雷, 安树青, 张立新, 等. 海南五指山热带山地雨林主要种群结构特征分析[J]. 应用生态学报, 1999, 10(6): 641—644.

[27] Grime J P. Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties[M]. New York, USA: Wiley, 2006.

[28] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述[J]. 生态学杂志, 2001, 20(4): 55—60.

[29] Anitha K, Joseph S, Chandran R J, et al. Tree species diversity and community composition in a human-dominated tropical forest of Western Ghats biodiversity hotspot, India[J]. Ecological Complexity, 2010, 7: 217—224.

[30] 刘平, 秦晶, 刘建昌, 等. 桉树人工林物种多样性变化特征[J]. 生态学报, 2011, 31(8): 2227—2235.

[31] 袁王俊, 卢训令, 张维瑞, 等. 不同植被类型植物物种多样性[J]. 生态学报, 2015, 35(14): 4651—4657.

[32] 马凯, 李永宁, 金辉, 等. 不同生境类型金莲花群落物种多样性比较[J]. 草业科学, 2011, 28(8): 1467—1472.

[33] 王蒙, 董治宝, 逮军峰, 等. 巴丹吉林沙漠周边植被特征和物种多样性[J]. 中国沙漠, 2015, 35(5): 1226—1233.

[34] 李昌龙, 王继和, 孙坤, 等. 民勤连古城自然保护区群落结构和物种多样性特征分析[J]. 西北植物学报, 2006, 26(11): 2338—2344.

[35] 梁存柱,刘钟龄,朱宗元,等. 阿拉善荒漠区一年生植物层片物种多样性及其分布特征[J]. 应用生态学报,2003,14(6):897—903.

[36] 马赞花,张铜会,刘新平,等. 极端降雨事件对科尔沁沙地一年生植被的影响[J]. 中国沙漠,2016,36(1):50—56.

Vegetation Composition and Community Similarity of *Haloxylon ammodendron* Plantations at Different Degree of Degradation on the Edge of the Minqin Oasis

He Fanglan^{1,2}, Jin Hongxi², Guo Chunxiu², Ma Junmei², Wu Hao²

(1.College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China; 2.Gansu Hexi Corridor Forest Ecosystem National Research Station, Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou 733000, China)

Abstract: Through filed fixed-point monitor and vegetation investigation to the *Haloxylon ammodendron* plantations with no degradation(ND), slight degradation(SLD), moderate degradation(MD) and severe degradation(SD) growing in the dunes on the edge of Minqin oasis, the vegetation characteristics, species diversity and community similarity were analyzed by calculating the species diversity indices, evenness indices, dominance indices, age structure and similarity coefficient. The results indicated that: There were 4 kinds of shrubs in the regions of ND, SLD and MD respectively and 3 kinds of shrubs in the region of SD, and the replacement procedure of dominant species in shrub layer was *H. ammodendron*-*H. ammodendron*, *Nitraria tangutorum* and *Reaumuria songarica*-*Reaumuria songarica*. 9 kinds of herbs were growing in SLD, MD and SD woodland respectively and 6 kinds of herbs were growing in the ND, where the replacement procedure of herb dominant species was *Bassia dasyphylla* and *Halogeton glomeratus*-*Eragrostis pilosa* and *Limonium aureum*. With aggravating of degradation degree of *H. ammodendron* plantations, the dynamic changes of age structure of dominant species in shrub layer were as follows: *H. ammodendron* was stability type-recession type, *N. tangutorum* was growth form-stability form-recession form and *R. songarica* was sustainable growth. In the process of deteriorating of *H. ammodendron* plantations, most of plant community diversity indexes were changed, and overall vegetation of the plantations were changing for more stable trend. The plant community similarity coefficients of the forests had significantly difference each other, which the similar degree between ND and SD was the lowest and that between SLD and MD was the highest. It further indicates that the degradation essence of *H. ammodendron* plantations was the succession from psammophyte community to xerophyte community because of fixation of soil further result in habitat change. Therefore, *R. songarica* should be as one of main shrubs applied to restoring and reconstructing dune-fixing plantations on the edge of Minchin oasis.

Key words: Minqin Oasis; dune-fixing plantation; age structure; species diversity; community similarity