



贵州北盘江喀斯特地区车桑子造林对乡土植物物种多样性的影响

叶 超^{1,2}, 安明态^{1,2*}, 张 楠³, 陈 龙¹

(1 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2 贵州大学 生物多样性与自然保护研究中心, 贵阳 550025; 3 安顺市林业科学研究所, 贵州安顺 561000)

摘要: 为明确车桑子(*Dodonaea viscosa*)造林对北盘江喀斯特地区乡土植物物种多样性的影响, 该研究采用群落样地调查法对不同车桑子覆盖度(0、20%、40%、60%、80%、100%)下的植物群落进行实地调查, 并对其植物群落的物种多样性进行了对比分析。结果表明:(1)随车桑子覆盖度的增加, 群落物种数及高位芽物种数有所下降, 留下的物种多为地面芽、隐芽和一年生的草本植物。(2)随车桑子覆盖度的增加, Margalef 指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数及 Pielou 指数均呈下降趋势, 群落中植物的种类和数量均减少, 群落结构趋于简单, 稳定性降低。(3)随车桑子覆盖度的增加, 群落的物种组成不断发生替换, 且草本植物的物种替代率均大于木本植物, 但群落中物种间替代率呈先降低后升高的趋势, 相邻两覆盖度之间的物种相似性系数呈先增加后减小的趋势。研究认为, 当车桑子覆盖度 $\geq 60\%$ 后, 乡土植物物种丰富度、多样性相对较低, 物种分配不均匀, 群落结构变简单, 稳定性较差, 不利于群落向更高级的演替阶段发展。

关键词: 车桑子; 造林; 乡土植物; 物种多样性; 北盘江

中图分类号: Q948.12 **文献标志码:** A

Effect of Afforestation of *Dodonaea viscosa* on Native Plant Species Diversity in Karst Area of Beipan River of Guizhou

YE Chao^{1,2}, AN Mingtai^{1,2*}, ZHANG Nan³, CHEN Long¹

(1 College of Forestry in Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2 Research Center for Biodiversity and Nature Conservation, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3 Anshun Forestry Research Institute, Anshun, Guizhou 561000, China)

Abstract: In order to clarify the effect of afforestation of *Dodonaea viscosa* on the native plant species diversity in karst area of Beipan River, we are adopting the community sample survey method to investigate the plant communities under different *D. viscosa* coverages (0, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%), comparing and analyzing the species diversity of the plant communities. The results are as follows: (1) with the increase of *D. viscosa* coverage, the number of species in the community and phanerophytes slightly decrease, and the remaining species are mostly herbage of hemicryptophyte, cryptophyte and therophyte. (2) With the increase of *D. viscosa* coverage, Margalef index, Simpson index, Shannon-wiener index and Pielou index all showed a downward trend, the plant species and quantity decrease, the community struc-

收稿日期: 2018-11-23; 修改稿收到日期: 2019-02-18

基金项目: 贵州省林业科技计划(黔林科合[2016]05号)

作者简介: 叶 超(1994—), 男, 硕士研究生, 主要从事生物多样性保护(植物方向)、喀斯特森林生态研究。E-mail:cqyc4959@163.com

* 通信作者: 安明态, 副教授, 硕士生导师, 主要从事生物多样性保护(植物方向)、喀斯特森林生态研究。E-mail:gdanmingtai@126.com

ture tend to be simple and the stability decrease. (3) With the increase of *D. viscosa* coverage, the species composition of the community is constantly replaced, and the species substitution rate of herbaceous plants is higher than that of woody plants. However, the variation trend of substitution rate among community species first decreased and then increased, while the species similarity coefficient between adjacent two coverings (0% and 20%, 20% and 40%, 40% and 60%, 60% and 80%, and 80% and 100%) first increased and then decreased. The results showed that when the *D. viscosa* coverage reaches 60% or higher, the local plant species richness and diversity are relatively low, the species distribution is uneven, the community structure become simple and the stability is poor, which is not good for the community to develop to a higher stage.

Key words: *Dodonaea viscosa*, afforestation, native plants, species diversity, Beipan River

喀斯特是指由高溶解度的岩石和充分发育的次生孔隙度相结合而成的特殊地形^[1],亦称岩溶。中国是世界上三大喀斯特集中分布区中喀斯特面积最大、分布最广的国家^[2],面积为344.3万km²,约占全国总面积的35.93%^[3]。近年来,随着人们生态文明意识的提高,保护生态环境受到了越来越多人的重视,有关喀斯特地区小生境适生造林树种选择^[4]、树种抗旱性^[5]、先锋树种种子萌发特性^[6]以及造林最适密度^[7]等方面的研究越来越多,为喀斯特地区的植被恢复提供了科学的理论依据和技术指导。

车桑子(*Dodonaea viscosa*),亦称坡柳、明油子,系无患子科(Sapindaceae)车桑子属(*Dodonaea*),耐干旱,萌生力强,根系发达,有丛生习性,是一种良好的固沙保土树种^[8]。早在1960年,就有学者对其进行研究并提出了车桑子的无性繁殖技术及种子采集、保存方法^[9]。此后,车桑子开始逐渐用于石漠化造林。1998年,贵州省镇宁县利用车桑子在白云质沙石山地上造林成功^[10],使得白云质沙石山上造林的难题暂时得以解决。随后,贵州省以西南部为主的喀斯特低热石漠化区纷纷把车桑子作为植被恢复的重要先锋树种。多年来,北盘江喀斯特强度石漠化地区车桑子造林涉及晴隆、关岭、贞丰、兴仁、兴义、安龙等多个县(市),范围广,面积大,对该地区植被恢复与覆盖率的提高有积极意义。然而,由于缺乏后续监测,对乡土植物物种多样性的影响不明,造林效果不清楚,限制了林业等相关部门对进一步造林树种选择、密度配置与管理等的科学决策。本文通过研究车桑子造林对乡土植物物种多样性的影响,揭示研究区车桑子与乡土植物的种间关系,为科学防控生态系统进一步退化、加强乡土植物保护管理等提供一定的理论依据。

1 研究区概况

本研究选择在贵州省北盘江喀斯特石漠化退化

严重、车桑子造林较为集中的晴隆县重点造林地区进行。晴隆县土地总面积1 327.36 km²,其中碳酸盐出露面积885.27 km²,占全县土地面积的66.7%^[11]。研究区地处E105°01'~E105°25',N25°33'~N26°11',属亚热带湿润季风气候,雨量充沛,年总降水量1 050~1 650 mm,是贵州省年降雨量最丰富的地区之一。该地区因受北盘江及其支流的强烈切割影响,地形起伏大,最高海拔2 025 m,最低海拔543 m,属深切割岩溶侵蚀山区,土层薄,土被不连续,水土易流失,对植物有严格的选择性^[12]。区内植被破坏极为严重,天然的针叶、阔叶及针阔混交林分布极少,森林植被多为残存的次生林和次生灌丛^[13-14]。2008年前后,晴隆县林业局等管理部门为加强该县北盘江沿岸低热河谷喀斯特强度石漠化地区的植被恢复,修复严重退化的生态系统,对该地区实施了大面积的车桑子造林。由于该地区生境的高度异质性、脆弱性和严酷性,以及因环境制约造林密度的差异性等原因,多年来形成了较大面积、恢复程度多样的车桑子造林植被恢复区。

2 研究方法

2.1 样地设置

在研究区选择车桑子造林和人工促进、自然恢复的典型地段的植物群落,根据车桑子不同覆盖程度(覆盖度分别为0、20%、40%、60%、80%、100%),挑选典型群落布设样地(表1)。样地大小设为10 m×10 m,每个覆盖度下3个重复,呈“品”字形布设,共计18个样地。每个样地分为4个5 m×5 m的小样方,总面积1 800 m²。分别记录每个样地内各层次的植物物种及样地的群落盖度、基岩名称、土壤类型、土层厚度、坡度、坡位、坡向、海拔及GPS位置信息等群落综合特征及生境特征。其中,乔木层胸径达到5 cm的树木需每木检尺;灌木层记录各个物种的株数、平均地径、平均高度及盖度;草

表 1 研究区样地基本信息

Table 1 Basic information of the study sites

车桑子覆盖度 <i>Dodonaea viscosa</i> coverage		地理坐标 Geographical coordinate		海拔 Altitude /m	坡度 Gradient /°	坡向 Aspect	土壤类型 Agrotype
序号 Code	数值 Number	E	N				
I	0	105°10'40.74"	25°52'42.11"	1 172	30	西南 Southwest	石灰土 Limestone soil
II	20%	105°11'15.25"	25°53'09.63"	1 050	35	南 South	石灰土 Limestone soil
III	40%	105°10'52.46"	25°52'31.17"	1 190	30	西南 Southwest	石灰土 Limestone soil
IV	60%	105°13'12.76"	25°53'11.27"	1 148	30	西南 Southwest	石灰土 Limestone soil
V	80%	105°12'45.31"	25°53'50.33"	1 196	30	西南 Southwest	石灰土 Limestone soil
VI	100%	105°10'55.65"	25°52'20.87"	1 212	40	西南 Southwest	石灰土 Limestone soil

本层记录各个物种的株(丛)数、平均高度及盖度。

2.2 数据处理

运用 Excel 2010 对记录数据进行处理分析及图表绘制,利用 SPSS22.0 软件进行方差分析。

2.2.1 重要值 重要值是综合衡量某个种在群落中的地位和作用的数量指标^[15],其数值可用来确定群落中物种的优势度、群落的优势种和建群种,反映各种群在群落中的地位^[16]。计算公式如下^[17-20]:

乔木和灌木层相对重要值(IV_1)=(相对密度+相对频度+相对优势度)/3

草本层相对重要值(IV_2)=(相对频度+相对盖度)/2

2.2.2 α 多样性测度 本研究选择 α 多样性测度指标分别为 Margalef 丰富度指数,用来表示物种丰富程度;Simpson 多样性指数,用来度量多样性的概率;Shannon-Wiener 多样性指数,用来测度群落多样性的高低;Pielou 均匀度指数,用来测度群落的均匀程度。各计算公式如下^[21]:

$$\text{Margalef 丰富度指数: } d_{Ma} = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$\text{Simpson 多样性指数: } D = 1 - \sum \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数: } H'_e = - \sum [(n_i/N) \times \ln(n_i/N)]$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } J_e = \frac{H'_e}{\ln S}$$

式中: S 为物种数目, N 为全部种的个体数之和, n_i 为第 i 个种的个体数量。

2.2.3 β 多样性测度 采用 Cody 指数 β 多样性,计算公式为^[22]: $\beta = \frac{g(H) + I(H)}{2}$

式中: $g(H)$ 是沿环境梯度增加的物种数, $I(H)$ 是沿

环境梯度丢失的物种数。

2.2.4 物种相似性系数 采用 Jaccard 指数^[23],计算公式为: $C_j = \frac{c}{a+b-c}$

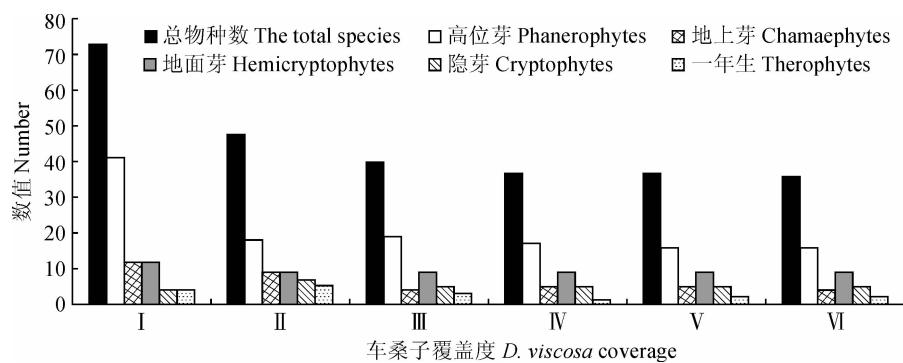
式中: a 、 b 分别为两不同盖度下车桑子群落的物种数, c 为两不同盖度下车桑子群落共有的物种数。 $0 \leq C_j < 0.25$ 表示极不相似; $0.25 \leq C_j < 0.50$ 表示中等不相似; $0.50 \leq C_j < 0.75$ 表示中等相似; $0.75 \leq C_j \leq 1$ 表示极相似。

3 结果与分析

3.1 物种组成特征

3.1.1 物种数量特征 通过典型群落抽样调查,共记录到维管束植物 105 种,隶属 49 科 93 属。其中,高位芽植物 52 种,地上芽植物 20 种,地面芽植物 15 种,隐芽植物 11 种,一年生植物 7 种。

组成群落的植物种类的多少决定着植物群落的复杂程度,植物种类越多,结构越复杂。反之,越简单。由图 1 可知,在车桑子覆盖度为 0% 时,群落物种数最多,为 73 种,占总种数的 69.52%。其中,高位芽、地上芽和地面芽植物在所有覆盖度中均最多,分别为 41 种、12 种、12 种。随车桑子覆盖度的增加,其在群落中占据的生态位越多,群落物种的比例有所下降。车桑子覆盖度为 20% 时,隐芽植物、一年生植物在所有覆盖度中均最多,分别为 7 种、5 种。当车桑子覆盖度达到 40% 后,继续增加其覆盖度,各覆盖度下物种数量变化不大,基本处于同一数量水平。在车桑子覆盖度达到 100% 时,群落中物种数最低,为 36 种,占总种数的 34.29%。其中,高位芽植物 16 种。随车桑子覆盖度的增加,群落总物种数及高位芽植物逐渐减少,留下的多为地面芽、隐芽和一年生的草本植物,不利于群落向乔灌木、乔木



I ~ VI 分别为样地编号,其车桑子盖度依次为 0%、20%、40%、60%、80% 和 100%,下同

图 1 车桑子不同覆盖度下群落物种生活型变化

I ~ II are the sample sites, and the *Dodonaea viscosa* coverage respectively 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%, the same as below

Fig. 1 Changes in life forms of community species under different coverages of *D. viscosa*

林等更高级阶段发展,影响了群落物种多样性和群落结构复杂性,降低了群落的抗逆性及稳定性。

3.1.2 重要值特征 群落在车桑子的不同覆盖度梯度下,物种组成及数量等方面都发生了一定的变化,重要值能够简单、明确地体现物种在群落中的地位和作用。表 2 列出了在车桑子不同覆盖度下群落中相对重要值位列前 5 位的物种。其中,灌木层共有 16 个物种,草本层共 13 个物种。在车桑子的 6 个不同覆盖度梯度中,相对重要值位列灌木层前 5 且次数最多的物种依次为车桑子(*Dodonaea viscosa*)5 次、白刺花(*Sophora davidii*)5 次、大叶紫珠(*Callicarpa macrophylla*)3 次、火棘(*Pyracantha fortuneana*)3 次、铁仔(*Myrsine africana*)3 次和小果蔷薇(*Rosa cymosa*)3 次。相对重要值位列草本层前 5 且次数较多的物种依次为地果(*Ficus tikoua*)6 次、白茅(*Imperata cylindrica*)5 次、矛叶荩草(*Arthraxon lanceolatus*)4 次、金发草(*Polygonatherum paniceum*)、硬秆子草(*Capillipedium assimile*)3 次。当车桑子覆盖度为 0% 时,群落中灌木层物种相对重要值前 5 位分别为光枝勾儿茶(*Berchemia polyphylla* var. *leioclada*)0.447 4、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)0.438 9、滇鼠刺(*Itea yunnanensis*)0.372 6、齿叶铁仔(*Myrsine semiserrata*)0.368 1 和梗花雀梅藤(*Sageretia henryi*)0.363 5,均为喜光的乡土树种。草本层物种相对重要值前 5 位分别为地果(*Ficus tikoua*)0.665 9、硬秆子草(*Capillipedium assimile*)0.550 9、铁轴草(*Teucrium quadrifarium*)0.544 2、卷柏(*Selaginella tamariscina*)0.526 5 和千里光(*Senecio scandens*)0.515 5;当车桑子覆盖度达到 20% 时,车

桑子在群落灌木层相对重要值最高,为 0.697 4;继续增加其覆盖度,车桑子相对重要值均位列灌木层第一。

3.2 物种多样性特征

3.2.1 α 多样性特征 物种多样性是群落结构和功能复杂程度的量度^[24],体现了群落的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异^[25-26]。

由图 2 可知,在车桑子覆盖度为 0% 时,Margalef 丰富度指数、Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数及 Pielou 均匀度指数数值均最大,分别为 6.84、0.95、3.28、0.85;随车桑子覆盖度逐渐增加,各项指数变化均呈下降趋势;当车桑子覆盖度达到 100% 时,各项指数数值达到最低,分别为 3.06、0.67、1.67、0.55。其中,Margalef 丰富度指数在车桑子覆盖度为 0%~20% 之间时变化最为明显,继续增加车桑子覆盖度丰富度指数变化趋于平缓,其原因可能是由于喀斯特地区特殊的生境异质性,在这些区域内灌丛难以形成优势种群,但当车桑子覆盖度达到 20% 后,在群落中处于优势地位,严重影响了其他物种的生存空间和资源,使得物种丰富度降低;Shannon-Wiener 多样性指数和均匀度指数变化趋势相似,在车桑子覆盖度为 0%~20%、40%~60% 及 80%~100% 之间时变化较为明显,在 20%~40% 和 60%~80% 之间基本无变化;Simpson 多样性指数随车桑子覆盖度的增加变化较平缓。总体上,随着车桑子覆盖度的增加,群落中植物种类、数量减少,群落结构变简单,稳定性降低。

3.2.2 β 多样性特征 (1) 不同覆盖度下物种替代变异 群落的变化会引起组成物种的种类、数量发生变化。在不同车桑子覆盖度的群落中,物种组

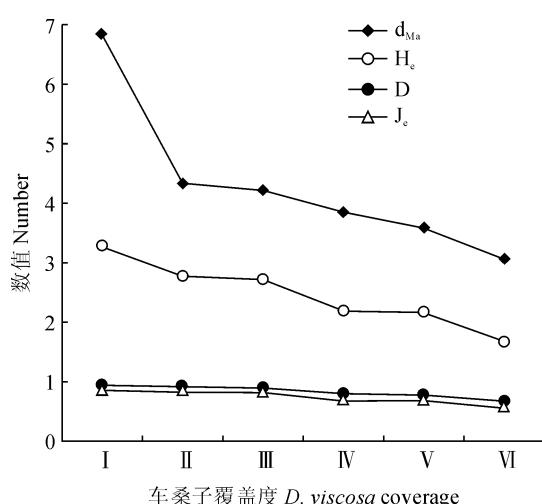
表 2 车桑子不同覆盖度下物种相对重要值

Table 2 Relatively important values of species under different coverages of *D. viscosa*

车桑子盖度 <i>D. viscosa</i> coverage	灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer	
	物种名 Species	重要值 IV	物种名 Species	重要值 IV
I	光枝勾儿茶 <i>Berchemia polypylla</i> var. <i>leioclada</i>	0.447 4	地果 <i>Ficus tikoua</i>	0.665 9
	清香木 <i>Pistacia weinmanniifolia</i>	0.438 9	硬秆子草 <i>Capillipedium assimile</i>	0.550 9
	滇鼠刺 <i>Itea yunnanensis</i>	0.372 6	铁轴草 <i>Teucrium quadrifarum</i>	0.544 2
	齿叶铁仔 <i>Myrsine semiserrata</i>	0.368 1	卷柏 <i>Selaginella tamariscina</i>	0.526 5
	梗花雀梅藤 <i>Sageretia henryi</i>	0.363 5	千里光 <i>Senecio scandens</i>	0.515 5
II	车桑子 <i>Dodonaea viscosa</i>	0.697 4	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	0.660 7
	了哥王 <i>Wikstroemia indica</i>	0.438 7	地果 <i>Ficus tikoua</i>	0.645 4
	白刺花 <i>Sophora davidii</i>	0.410 8	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	0.537 4
	地桃花 <i>Urena lobata</i>	0.349 3	紫茎泽兰 <i>Ageratina adenophora</i>	0.519 4
	茅莓 <i>Rubus parvifolius</i>	0.235 0	酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	0.519 4
III	车桑子 <i>Dodonaea viscosa</i>	0.660 9	金发草 <i>Polygonatherum paniceum</i>	0.759 2
	大叶紫珠 <i>Callicarpa macrophylla</i>	0.420 9	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	0.592 0
	铁仔 <i>Myrsine africana</i>	0.409 0	地果 <i>Ficus tikoua</i>	0.553 5
	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	0.366 1	矛叶荩草 <i>Arthraxon lanceolatus</i>	0.513 4
	白刺花 <i>Sophora davidii</i>	0.357 4	丝叶薹草 <i>Carex capilliformis</i>	0.513 4
IV	车桑子 <i>Dodonaea viscosa</i>	0.753 0	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	0.693 1
	铁仔 <i>Myrsine africana</i>	0.467 8	地果 <i>Ficus tikoua</i>	0.678 1
	白刺花 <i>Sophora davidii</i>	0.352 4	硬秆子草 <i>Capillipedium assimile</i>	0.536 5
	大叶紫珠 <i>Callicarpa macrophylla</i>	0.348 1	金发草 <i>Polygonatherum paniceum</i>	0.512 9
	红叶木姜子 <i>Litsea rubescens</i>	0.346 8	矛叶荩草 <i>Arthraxon lanceolatus</i>	0.508 6
V	车桑子 <i>Dodonaea viscosa</i>	0.797 3	金发草 <i>Polygonatherum paniceum</i>	0.689 6
	铁仔 <i>Myrsine africana</i>	0.410 9	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	0.607 8
	白刺花 <i>Sophora davidii</i>	0.353 0	地果 <i>Ficus tikoua</i>	0.579 9
	小果蔷薇 <i>Rosa cymosa</i>	0.346 7	铁轴草 <i>Teucrium quadrifarum</i>	0.518 6
	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	0.255 0	矛叶荩草 <i>Arthraxon lanceolatus</i>	0.514 9
VI	车桑子 <i>Dodonaea viscosa</i>	0.936 3	硬秆子草 <i>Capillipedium assimile</i>	0.764 6
	大叶紫珠 <i>Callicarpa macrophylla</i>	0.348 5	地果 <i>Ficus tikoua</i>	0.658 8
	白刺花 <i>Sophora davidii</i>	0.229 1	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	0.509 1
	茅莓 <i>Rubus parvifolius</i>	0.226 0	矛叶荩草 <i>Arthraxon lanceolatus</i>	0.509 1
	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	0.117 7	苦荬菜 <i>Ixeris polyccephala</i>	0.505 5

成不断发生替换,且速率不一致。统计 6 个车桑子不同覆盖度梯度下任意两个车桑子群落物种数、木本植物种类数及草本植物种类数的增减情况,共计 15 组车桑子群落的物种替代率,如图 3 所示。车桑子不同覆盖度下物种替代率差异明显,在 15 组物种替代率中,车桑子覆盖度为 0% 与 20% 的两群落物种替代最明显,替代率为 32.5,其中木本植物替代率为 16.5,草本植物替代率为 16;增加物种 20 种,其中木本 6 种,草本 14 种;减少物种 45 种,其中木本 27

种,草本 18 种。车桑子覆盖度为 40% 与 80% 的两群落间物种替代最平缓,替代率为 8.5,其中木本植物替代率为 4,草本植物替代率为 4.5;增加物种 7 种,其中木本 3 种,草本 4 种;减少物种 10 种,其中木本 5 种,草本 5 种。总体上,群落植物、木本植物及草本植物替代率变化趋势均随车桑子覆盖度梯度的增加先降低后升高,且覆盖度为 20%~100% 的 5 个梯度间两两比较时,草本植物的物种替代率均大于木本植物。这可能是由于草本植物相对于木本植



d_{Ma} . Margalef 丰富度指数; H_e . Shannon-Wiener 多样性指数;
D. Simpson 多样性指数; J_e . Pielou 均匀度指数

图 2 车桑子不同覆盖度下物种多样性变化

d_{Ma} . Margalef index; H_e . Shannon-Wiener index;
D. Simpson index; J_e . Pielou index

Fig. 2 Changes in species diversity under different coverages of *D. viscosa*

物对环境的变化反应更加强烈,且在灌草坡阶段草本植物处于优势,因此草本植物物种替代率高于木本植物替代率。

(2) 不同覆盖度下物种相似性 物种的相似性是指群落间或取样间植物种类组成的相似或相异程度^[27]。由表 3 可知,车桑子覆盖度为 0% 的群落与覆盖度为 20%、40%、60%、80% 及 100% 的 5 个群落物种相似性均为中等不相似($0.25 \leq C_j < 0.50$),物种相似性系数最大为 0.329 7,最小为 0.273 7,且与覆盖度为 60%、80%、100% 的 3 个群落的物种相似性系数相近;车桑子覆盖度为 20% 的群落与覆盖度为 40%、60%、80%、100% 的 4 个群落物种相似性也均为中等不相似,物种相似性系数最大为 0.375 0,最小为 0.313 4;车桑子覆盖度为 40% 的群落与覆盖度为 60%、80%、100% 的 3 个群落物种相似性均为中等相似,物种相似性系数最大为 0.638 3,最小为 0.540 0;车桑子覆盖度为 60% 的群落与覆盖度为 80%、100% 的 2 个群落物种相似性均为中等相似,物种相似性系数分别为 0.510 2、0.574 5;

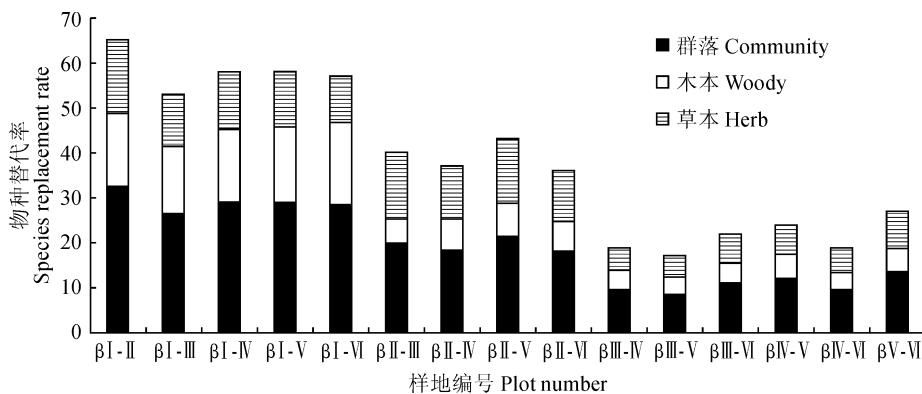


图 3 车桑子不同覆盖度下物种替代率比较

Fig. 3 Comparison of species replacement rates under different coverages of *D. viscosa*

表 3 车桑子不同覆盖度下物种相似性比较

Table 3 Comparison of species similarity under different coverages of *D. viscosa*

车桑子覆盖度 <i>Dodonaea viscosa</i> coverage	I	II	III	IV	V	VI
I	—					
II		0.301 1(28)				
III		0.329 7(30)	0.375 0(24)			
IV		0.273 7(26)	0.375 0(24)	0.604 2(29)		
V		0.273 7(26)	0.313 4(21)	0.638 3(30)	0.510 2(25)	
VI		0.273 7(26)	0.375 0(24)	0.540 0(27)	0.574 5(27)	0.460 0(23)

注:括号内数据为两群落共有物种

Note: The data in the bracket means a common species of two communities

车桑子覆盖度为 80% 的群落与覆盖度为 100% 的群落物种相似性为中等不相似, 物种相似性系数为 0.460 0。随车桑子覆盖度增加, 相邻两覆盖度之间的物种相似性系数先增加后减小, 峰值出现在覆盖度为 40% 与 60% 的群落间, 群落间物种相似性系数最大值出现在覆盖度为 40% 与 80% 的群落间。车桑子覆盖度接近 40% 时, 与车桑子覆盖度为 0% 的群落物种相似性最高, 对群落环境的影响较小。

3.3 差异性比较

本研究共 6 个覆盖度梯度, 每个梯度 3 个重复, 以每个样地中 Margalef 丰富度指数、Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数及 Pielou 均匀度指数等 4 种物种多样性指数数值为因变量, 利用 SPSS 软件对车桑子不同覆盖度梯度进行正态检验及方差分析。由图 4 可知, 在对车桑子不同覆盖度的多重比较中, Margalef 丰富度指数在车桑子覆盖度为 0% 时, 与其余 5 个覆盖度的差异均极显著, 表明车桑子造林对群落中乡土植物的物种组成和植株数量均有较大影响, 而其余 5 个覆盖度下丰富度指数两两之间均不显著, 即在车桑子覆盖度为 20%~100% 的 5 个覆盖度之间, 物种组成和植株数量差异不大; Simpson 多样性指数在车桑子覆盖度为 0% 时, 与覆盖度为 60%、80% 及 100% 的差异极显著, 即当车桑子覆盖度在大于 60% 后, 各物种的植株数量会有较大差异; Shannon-Wiener 多样性指数与 Pielou 均匀度指数在车桑子覆盖度为 0% 时, 与覆

盖度为 100% 的差异极显著, 与覆盖度为 60% 及 80% 的差异显著, 表明当车桑子覆盖度达到 60% 后, 会影响乡土植物物种多样性及物种个体数目分配的均匀程度。

4 讨 论

随车桑子覆盖度的增加, 许多高位芽植物逐渐丢失, 如扁核木 (*Prinsepia utilis*)、黄杞 (*Engelhardtia roxburghiana*)、灰毛浆果棯 (*Cipadessa cinerascens*)、油桐 (*Vernicia fordii*) 等, 取而代之的是以地上芽、地面芽及隐芽植物为主的草本或半灌木, 而且, 车桑子自身也是小高位芽植物, 高仅 1~3 m, 影响群落高位芽植物的生长和繁衍, 不利于整个群落向乔灌阶段、乔木林阶段等更高阶段发展。加之车桑子覆盖度增加后, 群落植物的物种数及物种植株总数均有所下降, 从而导致了群落的多样性和抗逆性降低, 不利于群落物种适应复杂多变的环境。

车桑子作为引进的外来造林树种, 通过植被恢复等治理措施, 在一定程度上遏止了贵州北盘江流域沿岸喀斯特石漠化地区的水土流失, 并改善了生态环境, 取得了较好的治理效果, 但这些植被在抵御病虫害方面可能还存在一些问题。近年来, 北盘江流域镇宁县、关岭县等部分喀斯特地区的车桑子人工植被出现大面积死亡, 为该地区车桑子造林成效、生态系统健康状况和长效管理等的后续问题留下了一些思考。笔者建议相关部门和当地群众今后在造

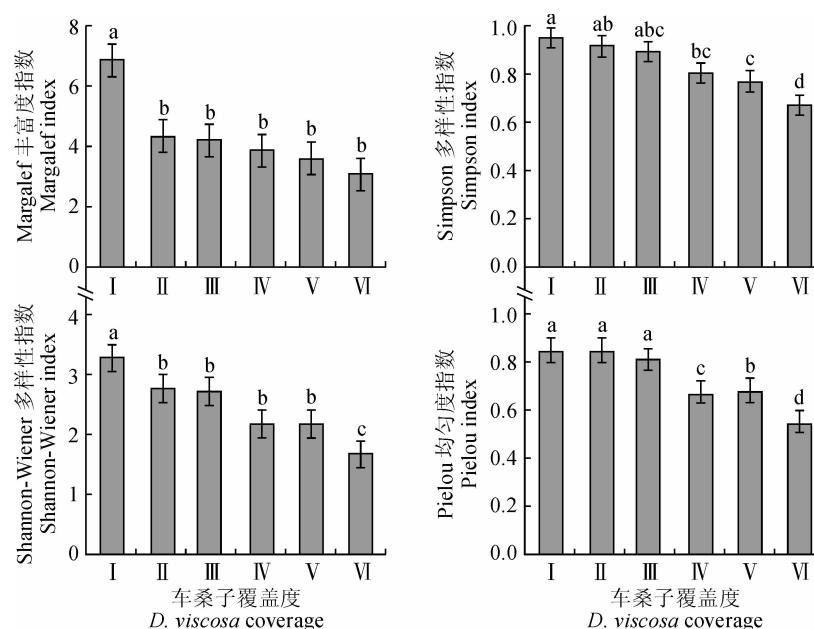


图 4 6 个车桑子覆盖度的 SNK 多重比较

Fig. 4 SNK multiple comparison of 6 *D. viscosa* coverages

林时搭配一些乡土造林先锋树种,如白刺花、火棘、清香木、灰毛浆果棟、青篱柴、圆果化香树、盐肤木等,这些种都是当地次生灌草丛、次生灌丛和乔灌过渡林的主要建群树种,适应性强,可以很好地解决群落植物物种多样性单一的问题,同时也能提高群落的稳定性,且多树种配置的混交林亦可对防治病虫害起到一定的效果。

研究区车桑子造林时间虽有 10 余年之久,但因喀斯特环境脆弱且严酷,植被生长、物种竞争和定居等很多生态学过程和趋势皆十分缓慢,群落演替效果尚不明显,加上造林后没有及时实施固定样地监

测,后期的造林成效与调控研究具有一定的局限性。此外,受环境多样性和样地可选择性等因素的制约,本文主要考虑车桑子造林不同覆盖度对乡土植物多样性的影响,暂时忽略了海拔位置的影响,且按车桑子不同覆盖度梯度进行调查的方法在实际运用中还是存在很多问题,如无法做到令每个覆盖度完全精准。但该方法本身可形成一种自我对照,能很好地体现车桑子造林不同覆盖度对乡土植物多样性的直观影响,对相关部门今后开展喀斯特石漠化地区植被恢复的树种选择与配植、进一步生态修复等决策仍有参考意义。

参考文献:

- [1] 福特 D C, 威廉姆斯 P, 宋林华. 喀斯特的定义及其发展[J]. 地理译报, 1990, 9(4): 6-11.
- FORD D C., WILLIAMS P., SONG L H. The definition of karst and its development[J]. *Geography Translation*, 1990, 9(4): 6-11.
- [2] 刘映良. 喀斯特典型山地退化生态系统植被恢复研究[D]. 南京:南京林业大学, 2005.
- [3] 李阳兵, 侯建筠, 谢德体. 中国西南岩溶生态研究进展[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 365-370.
- LI Y B, HOU J J, XIE D T. Advances in research on karst ecology in southwest China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2002, 22(3): 365-370.
- [4] 罗在柒, 姜运力, 邓伦秀, 等. 贵州喀斯特山地主要造林树种生长状况及树种选择[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 190-191.
- LUO Z Q, JIANG Y L, DENG L X, et al. Growth status and tree species selection of main afforestation tree species for karst mountainous in Guizhou[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2011, 39(39): 190-191.
- [5] 姚健, 薛建辉, 吴秋菊, 等. 喀斯特地区 4 种造林幼苗的抗旱性评价[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(4): 318-322.
- YAO J, XUE J H, WU Q J, et al. Drought resistance of four species of tree saplings for afforestation in karst regions[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2010, 26(4): 318-322.
- [6] 覃勇荣, 蒋光敏, 岑忠用, 等. 喀斯特地区造林先锋树种任豆种子萌发特性研究[J]. 种子, 2008, 27(12): 15-21.
- QIN Y R, JIANG G M, CEN Z Y, et al. Research on the seed's germination characteristics of *Zenia insignis* as the vanguard tree for afforestation in karst areas[J]. *Seed*, 2008, 27(12): 15-21.
- [7] 辛柯, 谭金玉, 李苇洁, 等. 黔中石漠化地区造林密度对白刺花生长的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(7): 1 633-1 635, 1 640.
- XIN K, TAN J Y, LI W J, et al. Effect of planting density on the growth of *Sophora davidii* in karst rocky areas of central Guizhou[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2015, 54(7): 1 633-1 635, 1 640.
- [8] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(47.1)[M]. 北京:科学出版社, 1985: 23-24.
- [9] 林树森. 良好的防风固沙植物——车桑子[J]. 林业实用技术, 1960, (17): 3.
- LIN S S. Good windbreak and sand fixation plants - *Dodonaea viscosa* [J]. *Practical Forestry Technology*, 1960, (17): 3.
- [10] 袁恩贤. 车桑子在白云质沙石山地治理中的推广应用[J]. 防护林科技, 2014, (5): 59-60.
- YUAN E X. Popularization and Application of Chesarangi in the Treatment of Dolomitic Sandstone Mountain[J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2014, (5): 59-60.
- [11] 张斯峙, 白晓永, 王世杰, 等. 基于 InVEST 模型的典型石漠化地区生态系统服务评估——以晴隆县为例[J]. 地球环境学报, 2014, 5(5): 328-338.
- ZHANG S Y, BAI X Y, WANG S J, et al. Ecosystem services evaluation of typical rocky desertification areas based on InVEST model—a case study of Qinglong County, Guizhou Province[J]. *Journal of Earth Environment*, 2014, 5(5): 328-338.
- [12] 杨明德. 论喀斯特环境的脆弱性[J]. 云南地理环境研究, 1990, 2(1): 21-29.
- YANG M D. On the vulnerability of karst environment[J]. *Yunnan Geographic Environment Research*, 1990, 2(1): 21-29.
- [13] 李晓芳. 北盘江喀斯特峡谷区“晴隆—关岭”段兰科物种多样性

- 性及其保护研究[D]. 贵阳:贵州大学, 2017.
- [14] 杨成华, 安和平. 贵州南、北盘江流域植被类型的卫片解译与制图[J]. 贵州林业科技, 1996, (1): 55-58.
- YANG C H, AN H P. Satellite interpretation and mapping of vegetation types in the Nanpan and Beipan River basins of guizhou province[J]. *Guizhou Forestry Science and Technology*, 1996, (1): 55-58.
- [15] 郭连金, 徐卫红, 孙海玲, 等. 空心莲子草入侵对乡土植物群落组成及植物多样性的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(7): 137-142.
- GUO L J, XU W H, SUN H L, et al. Effects of the invasion of *Alternanthera philoxeroides* on the community composition and plant diversity of native plants[J]. *Pratacultural Science*, 2009, 26(7): 137-142.
- [16] 王电杰. 浙江省大鹿岛木麻黄群落特征研究[D]. 杭州:浙江农林大学, 2012.
- [17] 贺金生, 陈伟烈, 李凌浩. 中国中亚热带东部常绿阔叶林主要类型的群落多样性特征[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 303-311.
- HE J S, CHEN W L, LI L H. Community diversity of the main types of the evergreen broad-leaved forest in the eastern part of the middle subtropical China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 1998, 22(4): 303-311.
- [18] 迪玮峙, 康冰, 高妍夏, 等. 秦岭山地巴山冷杉林的更新特征及影响因子[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(6): 71-78.
- DI W Z, KANG B, GAO Y X, et al. Regeneration characteristics and related affecting factors of *Abies fargesii* natural forests in Qinling Mountains[J]. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2012, 40(6): 71-78.
- [19] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004, 45-55.
- [20] 白冠章. 塔里木河上、中、下游胡杨群落特征研究[D]. 新疆阿拉尔: 塔里木大学, 2010.
- [21] 孔凡洲, 于仁成, 徐子钧, 等. 应用 Excel 软件计算生物多样性指数[J]. 海洋科学, 2012, 36(4): 57-62.
- KONG F Z, YU R C, XU Z J, et al. Application of Excel software to calculate biodiversity index[J]. *Marine Science*, 2012, 36(4): 57-62.
- [22] 马克明, 叶万辉, 桑卫国, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性研究Ⅰ. 不同尺度下群落样带的 β 多样性及分形分析[J]. 生态学报, 1997, 17(6): 64-72.
- MA K P, YE W H, SANG W G, et al. Study on plant community diversity in dongling mountain, Beijing Ⅰ. β diversity and fractal analysis of community belt transect at different scales[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(6): 64-72.
- [23] 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.
- MEI X X, XU Z H, ZHANG J L, et al. Ant species diversity on east slope of Xishan forest park in Kunming[J]. *Forest Research*, 2006, 19(2): 170-176.
- [24] 谢晋阳, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J]. 生态学报, 1994, 14(4): 337-344.
- XIE J Y, CHEN L Z. Species diversity of deciduous broadleaf forest in warm temperate zone[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, 14(4): 337-344.
- [25] 赵振勇, 王让会, 尹传华, 等. 天山南麓山前平原植物群落物种多样性及空间分异研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(4): 784-790.
- ZHAO Z Y, WANG R H, YIN C H, et al. Species diversity and spatial heterogeneity of plant communities in piedmont plain of south slope of Tianshan Mountains[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalis Sinica*, 2007, 27(4): 784-790.
- [26] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究Ⅱ 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- MA K P, HUANG J H, YU S L, et al. Study on plant community diversity in dongling mountain Ⅱ richness, evenness and species diversity index[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 268-277.
- [27] 金则新. 浙江天台山七子花群落研究[J]. 生态学报, 1998, 18(2): 127-132.
- JIN Z X. A study on *Heptacodium miconioides* community in the Tiantai Mountains of Zhejiang Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(2): 127-132.

(编辑:潘新社)