

兰州南北两山侧柏人工林下草本层植物多样性

杨玉凤, 武利玉*, 张晓玮, 马永林

(甘肃农业大学林学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】探究兰州南北两山侧柏人工林下草本层植物的 α 多样性及其影响因子。【方法】以兰州南北两山侧柏人工同龄纯林为研究对象, 采用样方法对林下草本层植物的 α 多样性进行研究。【结果】1) 兰州南北两山侧柏人工林下草本层植物共有39种, 其中在两山均出现的有13种, 在南山区出现的有30种, 在北山区出现的有22种; 2) 兰州南北两山侧柏人工林下草本层植物 α 多样性的主要影响因子是海拔、坡向及坡度, 且物种多样性随海拔升高而降低, 随坡向变化表现为阴坡>阳坡, 物种均匀度随坡度增大而减小; 3) 兰州南北两山侧柏人工林下草本层群落整体呈正向演替, 且南山区林下草本层群落的演替进程快于北山区。【结论】兰州南北两山侧柏林下草本层植物的 α 多样性较低, 但发展趋势良好。

关键词: 南北两山; 侧柏人工林; 草本层植物; α 多样性; 演替进程

中图分类号: S727.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2023)02-0051-08

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2023.02.006



林下草本层是人工森林生态系统的主要组成部分, 对人工森林生态系统生物多样性的提高、稳定性的维持和群落演替的促进等具有重要作用^[1-2], 常作为衡量人工森林生态系统功能性和稳定性的关键指标^[3]。由于林下草本层能在适宜的环境下形成特定的群落^[2], 因此草本层植物的物种多样性与生态因子关系密切, 故而探究林下草本层植物的物种多样性与生态因子的相关性是林下草本层植物研究的主要内容之一。相关研究表明, 海拔、坡度、坡向等立地因子对林下草本层植物的多样性影响显著, 林分类型、林分密度、郁闭度等林地特征与林下草本层植物的多样性密切相关, 如贺金生等^[4]指出草本层植物的物种多样性随海拔升高而降低; 杨咏欣^[5]发现草本层植物的Shannon-Wiener指数随坡度增大而减小; 武文娟等^[6]认为草本层植物的多样性指数均表现为阴坡>阳坡;

刘俊廷^[7]认为在黄土高原地区刺槐林和侧柏比油松林更适宜草本层植物生长; 朱媛君等^[8]发现随着林分密度的增大, 林下草本层植物的物种多样性呈现双峰趋势。此外, 水分、光照等也是影响林下草本层植物多样性的重要因素^[9-10]。因此, 研究林下草本层植物的多样性及其影响因子对于人工林地的管理经营以及维持人工森林生态系统的可持续发展具有重要意义。

兰州境内地貌复杂, 气候干旱, 自然植被稀缺, 一直以来深受生态环境恶化的困扰^[7,11]。在兰州地区, 人工造林是改善区域生态环境的主要手段, 南北两山是兰州进行人工造林的主要区域, 侧柏(*Platycladus orientalis*)是组成该区域人工林的主要树种^[11]。目前, 有关兰州市南北两山人工林群落的研究主要集中在群落结构和物种调查两大方面^[12-17], 关于人工林下草本层植物多样性的研究较少^[18-19], 侧柏人工林下草本层植物多样性的研究未见报道。本研究以南北两山侧柏人工林为研究对象, 研究林下草本层植物的多样性, 探讨影响林下草本层植物多样性的主要生态因子, 并初步确定其演替阶段, 以期对兰州市南北两山人工森林生态系统物种多样性的提高、稳定性的维持及人工林的管理经营和植被建设提供基础数据。

收稿日期: 2021-12-07; **修回日期:** 2022-01-30

基金项目: 甘肃省自然科学基金(20JR10RA518)

作者简介: 杨玉凤(1994-), 女, 甘肃武威人, 硕士研究生。

E-mail: 2287050752@qq.com

*通信作者。E-mail: liyu199738@163.com

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于甘肃省兰州市南北两山绿化工程区^[14],海拔1 500~2 500 m,相对高差600 m以下。兰州全年气候干燥,降水稀少,年日照时数2 424.0 h,年均气温为9.8℃,极端最高温为39.8℃,极端最低温为-19.7℃;年平均降水量为311.7 mm,降水主要集中在7—9月,占全年降水量的60%以上;年蒸发量1 446.4 mm,为年降水量的5倍多,年相对湿度58%,无霜期186 d^[11]。其中,南山区属于旱草原地带,土壤类型多为暗灰钙土,土壤肥力较好;北山区属半荒漠

地带,土壤以淡灰钙土为主,水土流失严重^[11]。

1.2 样地设置

本研究在南北两山分别选择4块具有代表性的人工造林地域作为典型调查样地(表1)^[20]。在选定的样地内设置10 m×10 m的乔木样方作为标准样地,南山区24个,北山区16个,共40个;按五点取样法在每个标准样地的对角线两端和中心位置处各设置1个1 m×1 m的草本样方,共200个。记录每个标准样地的经纬度、海拔、坡向、坡位、坡度等地理信息,同时,调查乔木的物种数、胸径、树高、枝下高、冠幅,灌木的物种数、地径、高度、株数和盖度,草本植物的物种数、高度、株丛数、盖度。

表1 样地基本信息
Table 1 Basic information of sample plots

	位置	海拔/m	坡度	坡向	平均胸 径/cm	平均树 高/m	林分密度/ (株·hm ⁻²)	郁闭度	土壤类型
南山	兰化绿化点	1805~1848	25°~45°	半阴坡、半阳坡	3.80	3.50	2884.62	0.67	暗灰钙土
	工大造林站	1679~1779	19°~42°	阴坡、阳坡、半阴坡、半阳坡	4.01	3.93	1200.00	0.49	暗灰钙土
	兰大造林点	1826~1925	6°~32°	阴坡、阳坡、半阴坡、半阳坡	6.59	6.66	1713.04	0.87	暗灰钙土
	大洼山	1669~1821	6°~43°	半阴坡、半阳坡、 阴坡	5.79	6.99	2037.65	0.82	暗灰钙土
北山	仁寿山	1530	41°	阳坡	3.96	5.32	2300.00	0.54	淡灰钙土
	中川机场	1946	24°	阴坡	3.97	3.67	1100.00	0.41	淡灰钙土
	大砂沟	1753~1840	15°~42°	阴坡、阳坡、半阴坡、半阳坡	4.37	4.93	3380.00	0.64	淡灰钙土
	九州台	1782~7953	4°~42°	阴坡、阳坡、半阴坡、半阳坡	3.62	4.19	4625.00	0.61	淡灰钙土

1.3 数据分析

利用Excel进行数据整理、统计和作图,SPSS进行数据分析。采用α多样性指数对林下草本层植物的多样性进行描述。通过相关性分析确定影响林下草本层植物α多样的主要生态因子。通过系统聚类分析划分林下草本层植物群系,对林下草本层群落演替进程进行初步评估。相关指标计算公式如下^[21-23]:

(1) 重要值=(相对多度+相对频度+相对盖度)/3

(2) Margalef指数=(S-1)/lnN

(3) Simpson指数= $1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$

(4) Shannon—Wiener指数= $-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$

(5) Pielou指数=H/lnS

式中:相对多度即某个种的多度占所有种的多度的百分比;相对频度即某个种在样方中出现的次数占

所有种在样方中出现的总次数的百分比;相对盖度即某个种的盖度占所有种的盖度的百分比;S为物种数目;P_i即个体数/物种总数(N_i/N),N_i为第i个物种的相对个体数,N为样方内全部种的个体总数。

2 结果与分析

2.1 侧柏人工林下草本层的物种组成

由表2可知,南山区侧柏林下草本层植物共计30种,隶属12科、25属,优势科为菊科、禾本科,分别占物种总数的37%、27%,优势种为白莲蒿、冰草,伴生种为短花针茅,其中,优势种与伴生种的重要值均大于0.1,占物种总数的10%,偶见种的重要值小于0.01,占物种总数的40%。北山区侧柏林下草本层植物共计22种,隶属12科、20属,优势科为禾本科占物种总数的33%,菊科植物仅占物种总数的18%,优势种为冰草,伴生种为短花针茅、白莲蒿,其中,优势种与伴

生种的重要值均大于 0.1,占物种总数的 14%,偶见种的重要值小于 0.01,占物种总数的 23%。

2.2 侧柏人工林下草本层的 α 多样性及其影响因子

利用单因素方差分析法,对南北两山各样地林下

草本层植物的 α 多样性指数进行分析,发现各样地侧柏林下草本层植物的 α 多样性之间差异不显著 ($P>0.05$),如图 1 所示,同一样地内 α 多样性各指数的变化规律相同。

表 2 南北两山侧柏林下草本层植物的重要值

Table 2 Important values of herbaceous plants under *Platycladus orientalis* in North and South mountains

科	属	种	重要值	
			南山	北山
禾本科 Gramineae	稗属 <i>Echinochloa</i>	无芒稗 <i>Echinochloa crusgali</i>	0.01	
	黍属 <i>Panicum</i>	稷 <i>Panicum miliaceum</i>	0.00	
	冰草属 <i>Agropyron</i>	冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	0.21	0.31
	针茅属 <i>Stipa</i>	短花针茅 <i>Stipa breviflora</i>	0.14	0.17
	臭草属 <i>Melica</i>	甘肃臭草 <i>Melica przewalskyi</i>		0.01
	早熟禾属 <i>Poa</i>	硬质早熟禾 <i>Poa sphondylodes</i>	0.04	0.01
	早熟禾属 <i>Poa</i>	细叶早熟禾 <i>Poa angustifolia</i>		0.00
	芨芨草属 <i>Achnatherum</i>	芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>	0.00	0.02
	芨芨草属 <i>Achnatherum</i>	醉马草 <i>Achnatherum inebrians</i>	0.05	
	狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>		0.05
	狼尾草属 <i>Pennisetum</i>	白草 <i>Pennisetum centrasiaticum</i>	0.02	
菊科 Compositae	蒿属 <i>Artemisia</i>	山蒿 <i>Artemisia brachyloba</i>	0.03	0.01
	蒿属 <i>Artemisia</i>	青蒿 <i>Artemisia caruifolia</i>	0.01	
	蒿属 <i>Artemisia</i>	白莲蒿 <i>Artemisia sacrorum</i>	0.23	0.14
	蒿属 <i>Artemisia</i>	茵陈蒿 <i>Artemisia capillaris</i>	0.00	
	蓟属 <i>Cirsium</i>	刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>	0.00	
	莴苣属 <i>Lactuca</i>	蒙山莴苣 <i>Lactuca tatarica</i>	0.03	
	鸦葱属 <i>Scorzonera</i>	鸦葱 <i>Scorzonera austriaca</i>	0.00	
	小苦荬属 <i>Ixeridium</i>	小苦荬 <i>Ixeridium dentatum</i>		0.02
	麻花头属 <i>Serratula</i>	麻花头 <i>Serratula centauroides</i>	0.00	
	狗娃花属 <i>Heteropappus</i>	阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>	0.06	0.01
豆科 Fabaceae	苜蓿属 <i>Medicago</i>	紫苜蓿 <i>Medicago sativa</i>		0.02
	锦鸡儿属 <i>Caragana</i>	柠条锦鸡儿 <i>Caragana korshinskii</i>	0.01	
	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	兴安胡枝子 <i>Lespedeza davurica</i>	0.01	
藜科 Chenopodiaceae	藜属 <i>Chenopodium</i>	藜 <i>Chenopodium album</i>	0.01	0.00
	地肤属 <i>Kochia</i>	地肤 <i>Kochia scoparia</i>		0.00
蒺藜科 ygophyllaceae	白刺属 <i>Nitraria</i>	白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.00	
	骆驼蓬属 <i>Peganum</i>	多裂骆驼蓬 <i>Peganum ultisectum</i>	0.06	0.07
萝藦科 Asclepiadaceae	鹅绒藤属 <i>Cynanchum</i>	鹅绒藤 <i>Cynanchum chinense</i>	0.01	0.05
	鹅绒藤属 <i>Cynanchum</i>	地梢瓜 <i>Cynanchum thesioides</i>	0.00	
茄科 Solanaceae	茄属 <i>Solanum</i>	青杞 <i>Solanum septemlobum</i>	0.00	0.02
榆科 Ulmaceae	榆属 <i>Ulmus</i>	白榆 <i>Ulmus pumila</i>	0.00	
苋科 Amaranthaceae	苋属 <i>Amaranthus</i>	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	0.00	
百合科 Liliaceae	萱草属 <i>Hemerocallis</i>	黄花菜 <i>Hemerocalli scitrina</i>	0.02	0.07
旋花科 Convolvulaceae	旋花属 <i>Convolvulus</i>	田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i>	0.00	0.01
蔷薇科 Rosaceae	委陵菜属 <i>Potentilla</i>	二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	0.02	
木贼科 Equisetaceae	木贼属 <i>Equisetum</i>	节节草 <i>Equisetum ramosissimum</i>		0.01
堇菜科 Violaceae	堇菜属 <i>Viola</i>	裂叶堇菜 <i>Viola dissecta</i>		0.00
芸香科 Rutaceae	花椒属 <i>Zanthoxylum</i>	花椒 <i>Zanthoxylum bungeanum</i>		0.00

注:株高小于 30cm 的乔木或灌木均记作草本。

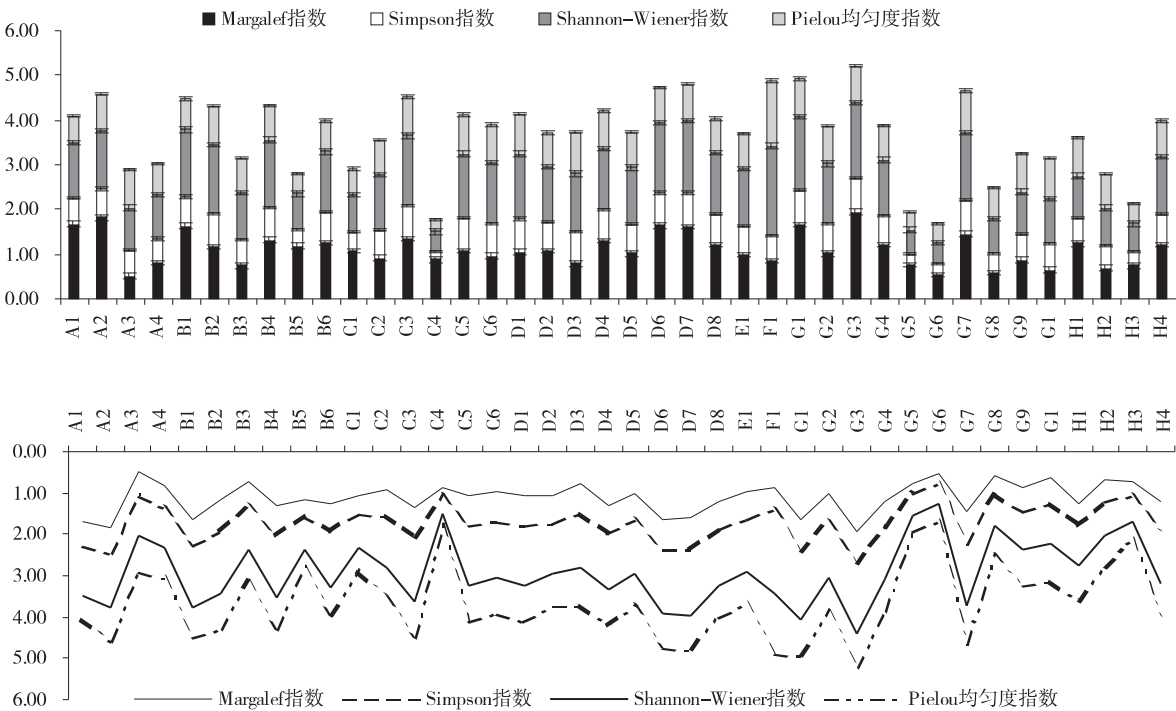


图1 各样地α多样性指数堆积图

Fig. 1 Stacking diagram of various α diversity indices

根据样地的实际情况,选用海拔、坡向、坡度、平均树高、平均胸径、林分密度、郁闭度等几个主要生态因子,将非数值因子分别赋值后(表3)与草本层植物的α多样性指数进行相关性分析,探究影响草本层植物α多样性的影响因子。

由表4可知,南山区侧柏林下草本层植物的α多样性与生态因子之间相关性不显著($P>0.05$),各指数之间相关性显著($P<0.05$)。Shannon-Wiener指数与Margalef指数、Simpson指数之间呈极显著的正相

表3 因子赋值

Table 3 Factor assignment

	1	2	3	4	5	6
坡向	阴坡	阳坡	半阴坡	半阳坡		
坡度	≤5°	6°~15°	16°~25°	26°~35°	36°~45°	≥46°

关关系($P<0.01$),Pielou指数与Simpson指数、Shannon-Wiener指数之间呈极显著的正相关关系($P<0.01$)。

由表5可知,北山区侧柏林下草本层植物的α多

表4 南山区草本层α多样性指数及其生态因子的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of α diversity index of herbaceous layer and its ecological factors in the North mountains

	Margalef指数	Simpson指数	Shannon—Wiener指数	Pielou指数
Margalef指数	1			
Simpson指数	0.236	1		
Shannon-Wiener指数	0.381**	0.812**	1	
Pielou指数	−0.091	0.558**	0.428**	1
海拔	−0.069	−0.159	−0.087	−0.065
坡向	0.092	−0.037	0.004	−0.046
坡度	0.099	0.155	0.129	0.172
平均树高	−0.134	0.036	−0.051	0.087
平均胸径	−0.142	0.065	−0.036	0.101
密度	−0.197	−0.171	−0.2	0.084
郁闭度	−0.25	−0.152	−0.21	−0.087

注:* $P<0.05$, ** $P<0.01$

样性与部分生态因子之间相关性显著($P<0.05$), Simpson 指数与海拔、坡向之间呈显著的负相关关系, Pielou 指数与坡度之间呈显著的负相关关系($P<0.05$)。此外, α 多样性的各指数之间相关性显著($P<0.05$), Simpson 指数与 Margalef 指数之间呈极显著的

正相关关系($P<0.01$), Shannon-Wiener 指数与 Margalef 指数、Shannon-Wiener 指数之间呈极显著的正相关关系($P<0.01$), Pielou 指数与 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数之间呈极显著的正相关关系($P<0.01$)。

表 5 北山区林下草本层 α 多样性指数及其生态因子的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of α diversity index of herbaceous layer and its ecological factors in the South mountains

	Margalef 指数	Simpson 指数	Shannon—Wiener 指数	Pielou 指数
Margalef 指数	1			
Simpson 指数	0.628**	1		
Shannon—Wiener 指数	0.561**	0.767**	1	
Pielou 指数	0.310	0.483**	0.617**	1
海拔	−0.293	−0.383*	−0.250	−0.033
坡向	−0.198	−0.421*	−0.272	−0.122
坡度	−0.187	−0.041	−0.145	−0.413*
平均树高	0.008	0.133	0.000	0.317
平均胸径	0.109	0.067	0.000	0.183
密度	0.266	0.274	0.137	0.205
郁闭度	0.326	0.300	0.167	0.250

注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$

2.3 侧柏人工林下草本层的群落演替

利用系统聚类的方法对兰州南北两山侧柏林下草本层植物的重要值进行聚类分析, 根据柴永福^[24]对黄土高原草本层植物群落演替过程的研究, 可将南北两山侧柏林下的草本层植物划分为 4 大群系。如图 2—3 所示, 南山区在聚类中心距离为 10.2 处可划分为白莲蒿群系(B1-B4, B6, C3, C6, D1-D3, D6)、冰草群系(A1-A4, B5, C1, C2, B5)、针茅群系(D4, D5, D7, D8)、披碱草群系(C4), 北山区在聚类中心距离为 15.3 处可划分为冰草群系(E1, G1-G5, G7, G8, G10, H2-H4)、白莲蒿群系(F1)、狗尾草群系(G6)、鹅绒藤群系(G9)。由此可见, 南山区侧柏林下草本层植物的演替大部分处于以白莲蒿群系为主的多年生蒿类群落演替阶段, 其次是以针茅、冰草群系为主的多年生禾草群落演替阶段。北山区侧柏林下草本层植物的演替大部分处于以冰草群系为主的多年生禾草群落演替阶段, 其次是以狗尾草、鹅绒藤群系为主的先锋群落演替阶段。

3 讨论

3.1 兰州南北两山侧柏人工林下草本层的物种组成

调查结果显示, 南北两山侧柏林下草本层植物共

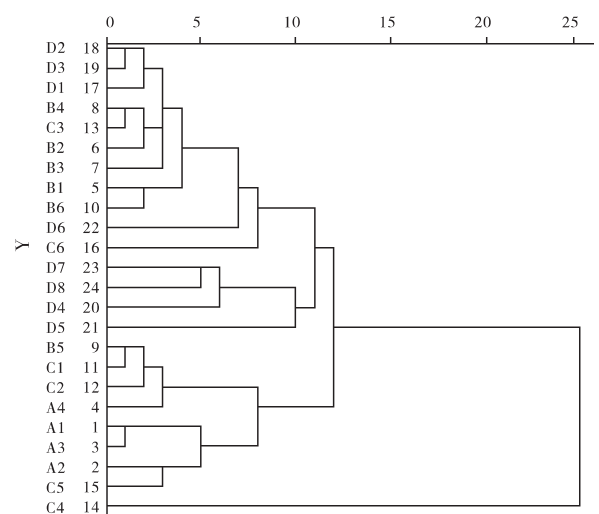


图 2 南山区林下草本层植物聚类分析图

Fig. 2 Cluster analysis diagram of understory herbaceous plants in the South mountain area

有 39 种, 在南北两山均有分布的有 13 种, 占物种总数的 33%, 只在南山区生长的有 17 种, 占物种总数的 44%, 只在北山区出现的有 9 种, 占物种总数的 23%。仅对南北两山侧柏林下草本层植物的物种数进行比较, 发现南山区草本层植物的物种组成比北山区丰富。一方面, 物种组成受林分因子的影响, 南山区侧柏林的平均密度为 1 959 株/hm², 平均郁闭度为 0.71, 北山区侧柏林的平均密度为 2 851 株/hm², 平均郁闭

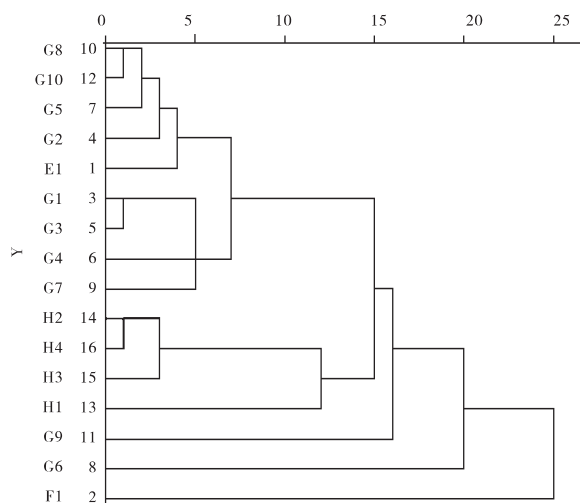


图3 北山区林下草本层植物聚类分析图

Fig. 3 Cluster analysis diagram of understory herbaceous plants in the North mountain area

度为0.55,这与朱媛君等^[8]的研究结果一致,密度较大的林分内种间竞争较大,林下草本层植物能占有的营养空间较小,物种数较少。另一方面,物种组成还受土壤条件的影响^[25],而南山区的土壤、水分条件比北山区好^[11],因此,南山区侧柏林下草本层植物的物种数较大。

3.2 兰州南北两山侧柏人工林下草本层的 α 多样性

两山侧柏林下草本层植物的 α 多样性受生态因子影响的程度不同,但 α 多样性指数间的变化规律相似。南山区侧柏林下草本层植物的 α 多样性受生态因子的影响不显著,但随Shannon-Wiener指数升高Margalef指数、Simpson指数变大,随Pielou指数升高Simpson指数、Shannon-Wiener指数变大,林下草本层植物的物种多样性与物种均匀度之间关系密切。北山区侧柏林下草本层植物的 α 多样性与海拔、坡度及坡向之间呈显著的负相关关系,其物种多样性随海拔升高而降低,随坡向变化呈阴坡>阳坡,物种均匀度随坡度增大而减小,且随Simpson指数升高Margalef指数变大,随Shannon-Wiener指数升高Margalef指数、Shannon-Wiener指数变大,随Pielou指数升高Simpson指数、Shannon-Wiener变大,林下草本层植物的物种丰富度、物种多样性及物种均匀度之间关系密切。

兰州地区干旱少雨,水分、光照是限制植物生长的主要因素^[11],各生态因子通过改变林内的水热状况,进而影响林下草本层植物的多样性。如随海拔升高,光照增强,风速增大,林内水分蒸发加快,土壤含

水量降低,导致林下草本层植物的物种多样性下降,这与郭春燕^[26]、刘贵峰^[27]等的研究结果一致,土壤水分与海拔是影响林下草本层植物多样性的主要生态因子,且在低海拔地区林下草本层植物多样性随海拔升高而降低。随坡位变化,阴坡的光照弱,温度低,土壤水分含量高,林下草本层植物的物种多样性更高,这与王春香^[28]、武文娟^[6]等的研究结果一致,林下草本层植物的多样性阴坡大于阳坡。随坡度增大,坡面水分流失加快,水分分布不均匀,致使物种分布不均匀,这与王子婷^[29]等的随坡度降低,土壤含水量增大的研究结果一致。因此,在兰州南北两山侧柏林下草本层植物生长的主要限制因子是水分,其 α 多样性的主要影响因子是海拔、坡度及坡向。

3.3 兰州南北两山侧柏人工林下草本层的群落演替

南北两山侧柏林下草本层群落的演替进程不一致,南山区侧柏林下草本层群落的演替处于多年生蒿类群落阶段和多年生禾草群落阶段,而北山区侧柏林下草本层群落的演替处于先锋群落阶段和多年生禾草群落阶段。以黄土高原森林区植被的演替顺序为依据^[24,30],在两山林龄相同的侧柏人工纯林下草本层植物的演替南山区快于北山区。一方面,南山区土壤条件比北山区好。土壤肥力是影响南北两山侧柏林下草本层群落演替进程的主要因素,这与朱志诚^[30]群落演替受土壤肥力影响的研究结果一致。另一方面,南北两山侧柏林是人工植物群落,林下草本层植物的演替以原有植被的残留繁殖体为基础,南山区原有植物的种类比北山区丰富,残留繁殖体的数量比北山区多。因此,原有植物残留繁殖体的迁移和散布也是影响南北两山侧柏林下草本层植物演替的重要因素,这与柴永福^[24]关于黄土区群落演替受植物残留繁殖体影响的研究结果一致。

4 结论

对兰州南北两山侧柏林下草本层植物的物种组成、 α 多样性及演替进程的研究表明:

(1) 兰州南北两山侧柏林下草本层植物共有39种,其中南山区30种,北山区22种,南山区侧柏林下草本层植物的物种数多于北山区。

(2) 兰州南北两山侧柏林下草本层植物的 α 多样性指数之间呈显著正相关,即物种丰富度越高,物种

多样性越大,物种分布越均匀,且海拔、坡向、坡度是影响侧柏林下草本层植物 α 多样性的主要生态因子。

(3) 兰州南北两山侧柏林下草本层群落的演替进程不一致,其中南山区侧柏林下处于多年生蒿类群落演替阶段,北山区处于多年生禾草群落演替阶段,南山区侧柏林下草本层群落的演替进程快于北山区。

参考文献:

- [1] 杜志,胡觉,肖前辉,等. 中国人工林特点及发展对策探析[J]. 中南林业调查规划, 2020, 39(1): 5—10.
- [2] 张涵丹,康希睿,邵文豪,等. 不同类型杉木人工林林下草本植物多样性特征[J]. 生态学报, 2021, 41(6): 2118—2128.
- [3] 孙成,秦富仓,包雪源,等. 砭砂岩区人工油松林下草本植物的生态位特征[J]. 水土保持通报, 2021, 41(3): 81—86.
- [4] 贺金生,陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征[J]. 生态学报, 1997(1): 93—101.
- [5] 杨咏欣. 北京风沙源治理二期林业工程六种群落组成及林下植物多样性研究[D]. 北京:北京林业大学, 2020.
- [6] 武文娟,查同刚,张志强. 恢复方式和地形对晋西黄土区退耕林分物种多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(4): 1121—1127.
- [7] 刘俊廷. 晋西黄土区恢复年限对林下植被多样性及土壤理化性质的影响[D]. 北京:北京林业大学, 2020.
- [8] 朱媛君,杨晓晖,时忠杰,等. 林分因子对张北杨树人工林林下草本层物种多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2018, 37(10): 2869—2879.
- [9] Hong Qian, Karel Klinka and Bela Sivak. Diversity of the understory vascular vegetation in 40 year-old and old-growth forest stands on Vancouver Island, British Columbia [J]. Journal of Vegetation Science, 1997, 8(6): 773—780.
- [10] Marialigeti S, Tinya F, Bidlo A, et al. Environmental drivers of the composition and diversity of the herb layer in mixed temperate forests in Hungary [J]. Plant Ecology, 2016, 217(5): 549—563.
- [11] 王万鹏,俞诗源,钟芳,等. 兰州市南北两山植物动物资源[M]. 甘肃:甘肃科学技术出版社, 2010: 1—154.
- [12] 钟芳,赵瑾,孙荣高,等. 兰州南北两山五类乔灌木林草地土壤养分与土壤微生物空间分布研究[J]. 草业学报, 2010, 19(3): 94—101.
- [13] 马维伟,王辉,马小强. 兰州市九州台区不同海拔高度人工林群落物种多样性[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 187—191.
- [14] 谭明亮,段争虎,陈小红,等. 半干旱区城市人工森林生态系统服务价值评估——以兰州市南北两山环境绿化工程区为例[J]. 中国沙漠, 2012, 32(1): 219—225.
- [15] 许宏刚,吴永华,张建旗,等. 兰州市植物群落结构与物种多样性调查[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(4): 84—91.
- [16] 许金凤,马红梅,张建全,等. 兰州南北两山种子植物区系[J]. 草业科学, 2016, 33(3): 408—423.
- [17] 牛全福,张映雪,冯尊斌. 兰州南北两山植被覆盖变化动态监测[J]. 兰州理工大学学报, 2017, 43(3): 146—150.
- [18] 武利玉,苏世平,王蕙. 兰州南北两山绿化区植物与植被类型初查[J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 564—568.
- [19] 许宏刚,张建旗,朱亚灵,等. 兰州市南北两山草本植物多样性研究[J]. 草原与草坪, 2021, 41(3): 130—136.
- [20] 方精云,王襄平,沈泽昊,等. 植物群落清查的主要内容和规范[J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533—548.
- [21] 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, 2(3): 162—168.
- [22] 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, 2(4): 231—239.
- [23] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社, 2018: 1—492.
- [24] 柴永福. 黄土高原森林次生演替过程中的群落构建[D]. 西安:西北大学, 2016.
- [25] 胡译水. 北京山区侧柏和油松林下土壤化学性质与典型植物种间关系[D]. 北京:北京林业大学, 2020.
- [26] 郭春燕. 平朔露天煤矿复垦区植物群落特征及人工林健康评价研究[D]. 太原:山西大学, 2020.
- [27] 刘贵峰,刘玉平,额尔德木图,等. 罕山自然保护区4种典型天然次生林林下草本植物物种多样性[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(2): 31—37.
- [28] 王春香. 晋西黄土区人工林下植物多样性与土壤养分研究[D]. 北京:北京林业大学, 2014.
- [29] 王子婷,杨磊,李广,等. 半干旱黄土区苜蓿退化对坡面草本植物分布及多样性的影响[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3720—3729.
- [30] 朱志诚,黄可,李继瓚. 陕北黄土高原森林地带草本植物群落类型及其动态特征[J]. 中国草地, 1989(3): 18—24.

Herbaceous plant diversity of artificial understory of *Platycladus orientalis* in the North and South mountains of Lanzhou

YANG Yu-feng, WU Li-yu*, ZHANH Xiao-wei, MA Yong-lin

(College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract:【Objective】In order to explore the α diversity of herbaceous plants under artificial forests of *Platycladus orientalis* in the North and South Mountains of Lanzhou and its influencing factors. 【Method】Taking the artificial same age pure forest of *Platycladus orientalis* in the North and South Mountains of Lanzhou as the research object, the sample method was used to study the changes of α Diversity of understory herbaceous plants. 【Result】1) There were 39 species of herbaceous plants under *Platycladus orientalis* plantation in the North and South Mountains of Lanzhou, of which 13 species appeared in both mountains, 30 species appeared in the South Mountain area and 22 species appeared in the North Mountain area. 2) The main influencing factors of α diversity in the herbaceous layer of *Platycladus orientalis* artificial forest in the North and South Mountains of Lanzhou were altitude, slope direction and slope. The species diversity decreased with the increase of altitude. As to the variation of species diversity with slope direction, it shows that the variation of shady slope was greater than that of sunny slope. And the species evenness decreased with the increase of slope. 3) The herbaceous layer community under *Platycladus orientalis* plantation in the North and South Mountains of Lanzhou showed positive succession as a whole, and the succession process of herbaceous layer community under the forest in the South Mountain area was faster than that in the North Mountain area. 【Conclusion】The α diversity of the understory herbaceous layer of *Platycladus orientalis* in the North and South Mountains of Lanzhou was low, but the development trend was good.

Key words: the North and South mountains of lanzhou;plantation of *Platycladus orientalis*;herbaceous layer;alpha diversity;the succession process