

坡向和建植年限对冷季型混播护坡草坪重要值和生物量退化的影响

曾晓琳^{1,2}, 马勇^{1,2}, 刘金平², 王大伟², 杨小琴²

(1. 西华师范大学后勤处, 四川 南充 637009; 2. 西华师范大学生命科学院, 四川 南充 637009)

摘要:以3个坡向(半阴坡 EN 40°, 阳坡 WS 33°, 阴坡 WN 29°)上, 由高羊茅、多年生黑麦草和草地早熟禾建成的混播护坡草坪为对象, 建成1~5年连续测定3草种的重要值和相对生物量, 研究坡向和建植年限对冷季型混播护坡草坪退化速率的影响。结果表明: 1) 坡向和建植年限对草坪草重要值和生物量退化速率总值有显著影响, 建植年限是影响的主要因素, 建植年限和坡向间的互作次之, 坡向影响较小; 2) 3草种的重要值和生物量退化速率在建植年限间、坡向间有显著差异, 坡向间重要值退化速率为多年生黑麦草 > 总值 > 高羊茅 > 草地早熟禾, 建植年限间重要值退化速率为总值 > 多年生黑麦草 > 草地早熟禾 > 高羊茅, 坡向间和建植年限间相对生物量退化速率均为草地早熟禾 > 多年生黑麦草 > 总值 > 高羊茅; 3) 坡向和建植年限对3种草坪草退化表现有显著影响, 第2年阳坡多年生黑麦草和草地早熟禾相对生物量退化速率为74.81%和86.13%, 第4年阴坡高羊茅相对生物量退化速率为70.16%。综上, 草地早熟禾和多年生黑麦草第2~3年退化最快, 高羊茅在第4年退化最快, 应依坡向制定相应的草坪建植和养护技术措施。

关键词:坡向; 边坡草坪; 生物量; 重要值; 退化速率

中图分类号: S688.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2021)04-0017-09

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.04.003



边坡草坪是以水土保持为主, 兼具观赏功能的一类设施草坪。生态脆弱的紫色土丘陵区常通过坡面修整、工程挂网、吹附客土、液压喷播等技术, 建植冷季型混播护坡草坪, 治理裸露边坡^[1-2]。因夏季 > 35℃ 天气频现^[3], 边坡土层薄、土质贫瘠且保水保肥能力差, 加之养护难度大, 粗放管理致使边坡草坪极易退化。退化表现与退化速率对草坪群落结构稳定性和功能持久性产生影响。目前对边坡草坪施工技术、草种配置方案及管理养护措施进行了大量研究^[4-6], 但对引起边坡草坪退化原因、退化表现及退化机理研究较少。

坡向影响太阳辐射和降水的空间再分配^[7], 改变

边坡中水分和养分分布格局, 引起水、肥、气、热与光照等微生境差异^[8-9], 直接影响草坪草生理生长及繁殖能力^[10], 致使草坪草分生再生能力不同, 最终影响边坡草坪的结构、功能及寿命。故研究坡向对草坪草生长、草坪退化速度及群落组成的影响, 对制订边坡草坪养护技术线路、预防草坪退化及提升复壮技术措施具有实际指导意义。

重要值是分析草种在混播草坪群落中的地位 and 作用的综合数量指标, 生物量是衡量草种对生境适应性和生态功能的重要参数^[11], 重要值和生物量可反映草坪景观、生态和使用质量的退化速率及群落组成多样性的变化程度。本文以紫色土丘陵区同一地点, 3个坡向上冷季型混播边坡草坪为研究对象, 建成1~5年, 连续测定3种草坪草频度、盖度、密度和生物量等指标, 拟回答以下问题: 坡向和建植年限对草坪草重要值和生物量退化有何影响? 坡向与建植年限哪个是引起草坪退化的主要因素? 3种草坪草在不同坡向上的

收稿日期: 2020-07-21; 修回日期: 2020-10-09

基金项目: 西华师范大学基本科研业务费(17D081)

作者简介: 曾晓琳(1990-), 女, 四川隆昌人, 研究实习生, 硕士, 研究方向为园林植物栽培养护技术。

E-mail: 782615449@qq.com

退化表现有何差异? 以期筛选出适合不同坡向边坡草坪建植的草种, 为裸露边坡草坪建植及养护管理措施、植被生态恢复及增加边坡景观效益提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

选取四川省南充市顺庆区开山修路形成的 3 个典

型坡面为试验地, 地理位置 N 30°49', E 106°03', 海拔 265.40 m, 年均气温 17.4℃, 最高气温 40.1℃, 最低气温 -2.8℃, 年日照时间 1 266.7 h, 年均有霜期 13.7 d, 年降水量 1 020.8 mm。土壤为紫色土, 速效氮 23.84 mg/kg, 速效磷 24.75 mg/kg, 速效钾 34.48 mg/kg, 有机质 4.45%, pH 值 6.87。按 8 坡向分类法^[12], 确定为阴坡、阳坡和半阴坡, 边坡具体信息见表 1。

表 1 3 个坡向边坡基本情况

Table 1 Basic information of three slopes

坡向	坡度/°	坡长/m	坡高/m	光照强度/ (lx · a ⁻¹)	土层厚度/cm	土壤含水量/%
半阴坡(EN 40°)	34.18	52.36	5.67	23 558.68	10.34	28.56
阳坡(WS 33°)	42.58	82.67	6.37	34 781.52	13.38	19.87
阴坡(WN 29°)	35.09	90.56	4.59	18 051.79	11.25	31.86

1.2 试验设计

2013 年 11 月, 对 3 个断面整理、挂网, 覆盖相同客土, 以市购的 'Houndog 5' 高羊茅 (*Festuca elata* cv. Houndog 5)、'Axcella 2' 多年生黑麦草 (*Lolium perenne* cv. Axcella 2)、'Classic' 草地早熟禾 (*Poa pratensis* cv. Classic) 3 种草坪草, 按粒数比 1:1:1、3 粒/cm² 密度混播建植冷季型护坡草坪, 建成后进行养护。分别在 3 个边坡上, 距地 1.5 m, 间隔 4 m 设定 3×1 m² 样带 6 个, 于 2014—2018 年(第 1 到 5 年), 每年 3 月中旬, 在样带内进行如下测定。

1.3 测定指标及方法

重要值: 随机 100 次针刺法, 5 次重复, 测定某草种和植物群落出现的频度, 某草种相对频度 = (该种频度/植物群落频度) × 100%; 测定某草种和植物群落的盖度, 某草种相对盖度 = (该种盖度/植物群落盖度) × 100%; 随机 10 次抛置 0.2 m × 0.2 m 小样方, 测定植物总株数或枝条数, 同时分别测定 3 种草的株数或枝条数, 单位面积的株数或枝条数为密度, 测定 3 种草各自密度, 某草种相对密度 = (该种密度/植物群落密度) × 100%。某草种重要值 = 某草种(相对密度 + 相对频度 + 相对盖度)/3。总重要值为 3 种草坪草的重要值之和。

生物量: 随机齐地剪取 0.5 m × 0.5 m 样方内植株, 5 次重复, 3 种草与其他植物分离后, 分别装袋, 于 105℃ 烘至恒重。某草种绝对生物量为单位面积内某草种干重, 某草种相对生物量为某草种干重占样方内植物群落总干重的百分比, 相对生物量总值和为 3 草

种相对生物量之和。

退化速率: 某建植年限某草种的相对频度、相对盖度、相对密度或重要值及生物量较上一建植年限的减少值/(1—5 年总减少值) × 100%, 为该建植年限某草种的退化速率。退化总值为草坪某一指标较上建植年限减少值/(1—5 年总减少值) × 100%。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 对测定数据进行双因素方差分析 (ANOVA) 和多重比较 (SNK)。

2 结果与分析

2.1 坡向对重要值退化速率的影响

2.1.1 相对频度退化速率 坡向对 3 种草坪草相对频度退化速率和总值有显著影响 ($P < 0.05$) (表 2), 3 种草建植第 2 和第 5 年在阴坡相对频度退化速率均最快, 第 3 年在半阴坡退化均最快, 但不同草种在坡向间和建植年限间有显著差异; 相对频度退化速率总值第 2 和第 5 年阴坡大于半阴坡和阳坡, 第 3、第 4 年则低于半阴坡和阳坡 ($P < 0.05$)。3 种草坪草相对频度退化速率和总值在建植年限间、坡向间和二者互作间均有极显著差异 ($P < 0.01$), 建植年限对 3 种草相对频度退化速率和总值影响均大于坡向和互作 (表 3), 说明建植年限是影响草坪相对频度退化速率的主要因素。第 2 年草地早熟禾退化速率最大, 阴坡上达 53.84%; 第 3 年多年生黑麦草退化速率最大, 半阴坡上达 54.04%; 第 4 年高羊茅退化速率最大, 阳坡上达 82.14%。第 3 和 4 年相对频度退化速率总值显著大

于第 2 和第 5 年,第 3 和第 4 年退化速率总值均在 40%左右且差异较小,第 5 年半阴坡和阳坡相对频度呈负退化。由 F 值可知,坡向对相对频度退化速率的

影响大小顺序为高羊茅>总值>多年生黑麦草>草地早熟禾,建植年限对相对频度退化速率的影响大小顺序为高羊茅>总值>草地早熟禾>多年生黑麦草。

表 2 不同坡向上草坪草的相对频度和相对盖度退化速率

Table 2 Effects of slope aspects on degradation rate of relative frequency and relative coverage

建植年限	坡向	相对频度退化速率/%				相对盖度退化速率/%			
		高羊茅	多年生黑麦草	草地早熟禾	总值	高羊茅	多年生黑麦草	草地早熟禾	总值
2 a	半阴	15.52±1.33 ^{Ca}	12.06±0.88 ^{Cc}	39.86±4.12 ^{Ac}	19.82±3.12 ^{Bb}	41.35±2.36 ^{Aa}	83.64±9.06 ^{Ab}	73.26±4.12 ^{Aa}	66.37±7.15 ^{Aa}
	阳坡	-6.89±4.11 ^{Cb}	27.49±3.25 ^{Cb}	41.36±2.58 ^{Ab}	17.19±1.22 ^{Bc}	36.38±1.25 ^{Ab}	91.08±17.12 ^{Aa}	73.88±6.92 ^{Aa}	64.54±4.22 ^{Ab}
	阴坡	15.20±1.34 ^{Ca}	35.59±4.12 ^{Ca}	53.84±6.31 ^{Aa}	31.34±1.89 ^{Ba}	33.79±2.17 ^{Ac}	81.76±16.96 ^{Ac}	59.92±8.22 ^{Ab}	60.36±5.85 ^{Ac}
3 a	半阴	35.98±3.82 ^{Ba}	54.04±5.12 ^{Aa}	46.30±1.85 ^{Aa}	44.40±2.14 ^{Aa}	8.33±1.11 ^{Bc}	10.82±3.06 ^{Ba}	25.84±4.63 ^{Bb}	15.52±1.52 ^{Bb}
	阳坡	32.38±2.58 ^{Bb}	44.18±4.33 ^{Ab}	46.77±6.33 ^{Aa}	40.20±1.84 ^{Ab}	12.15±0.96 ^{Bb}	5.93±1.18 ^{Bb}	24.99±6.21 ^{Bb}	14.52±1.57 ^{Bb}
	阴坡	24.38±2.32 ^{Bc}	34.95±2.52 ^{Ac}	33.06±2.88 ^{Ab}	29.82±1.77 ^{Ac}	20.18±1.08 ^{Ba}	10.29±2.17 ^{Ba}	38.99±3.57 ^{Ba}	21.60±2.24 ^{Ba}
4 a	半阴	58.23±6.16 ^{Ab}	31.80±3.21 ^{Ba}	18.56±3.42 ^{Ba}	40.41±2.96 ^{Ab}	39.09±5.17 ^{Aa}	4.74±1.33 ^{Ca}	0.82±0.15 ^{Ca}	13.82±2.61 ^{Cb}
	阳坡	82.14±4.27 ^{Aa}	26.46±2.05 ^{Bb}	11.12±1.38 ^{Bb}	44.98±3.01 ^{Aa}	36.53±3.58 ^{Ab}	2.98±0.69 ^{Cb}	1.13±0.23 ^{Ca}	14.67±3.12 ^{Ca}
	阴坡	53.76±2.59 ^{Ac}	24.97±2.33 ^{Bc}	11.78±2.11 ^{Bb}	34.22±1.24 ^{Ac}	37.57±2.96 ^{Ab}	3.03±0.25 ^{Cb}	1.09±0.06 ^{Ca}	12.86±2.84 ^{Cc}
5 a	半阴	-9.73±1.54 ^{Db}	2.06±0.08 ^{Db}	-4.71±0.48 ^{Db}	-4.62±0.82 ^{Cc}	11.23±1.16 ^{Cb}	0.79±0.09 ^{Db}	0.09±0.03 ^{Da}	4.28±1.09 ^{Dc}
	阳坡	-7.93±0.72 ^{Db}	1.87±0.23 ^{Db}	0.75±0.28 ^{Da}	-2.38±1.20 ^{Cb}	14.94±1.23 ^{Ca}	0.00±0.00 ^{Dc}	0.00±0.00 ^{Da}	6.27±1.21 ^{Da}
	阴坡	6.65±1.53 ^{Da}	4.49±1.21 ^{Da}	1.33±0.24 ¹	4.62±1.32 ^{Ca}	8.46±1.39 ^{Cc}	4.91±0.99 ^{Da}	0.00±0.00 ^{Da}	5.17±1.41 ^{Db}

注:同列不同大写字母表示建植年限间差异显著($P<0.05$),不同小写字母表示坡向间差异显著($P<0.05$),表中数值为平均值±标准差,下同

2.1.2 相对盖度 坡向对 3 种草坪草相对盖度退化速率和总值的影响有显著差异($P<0.05$)(表 2)。3 种草的相对盖度退化速率在第 2 年均最快,但 3 种草在不同坡向上相对盖度退化速率不同,高羊茅在半阴坡上最高。为 41.35%,多年生黑麦草在阳坡上高达 91.08%,草地早熟禾在半阴坡和阳坡上约为 73%。多年生黑麦草和草地早熟禾相对盖度退化速率,随建植年限增加而显著降低,高羊茅则第 4 年大于第 3 年。相对盖度退化速率总值逐年显著降低,坡向对其影响随建植年限不同而差异显著($P<0.05$),表现为第 2 年半阴坡的相对盖度退化速率总值最大,第 3 年阴坡

最大,而第 4 和 5 年则阳坡最大。第 2 年 3 个坡向上相对盖度退化速率总值均大于 60%。3 种草相对盖度退化速率和总值在建植年限间、坡向间和互作间有极显著差异($P<0.01$)(表 3),建植年限是影响的主要因素,坡向次之,互作影响较小。由 F 值可知,坡向对相对盖度退化速率的影响大小顺序为高羊茅>多年生黑麦草>总值>草地早熟禾,建植年限对相对盖度退化速率的影响为草地早熟禾>多年生黑麦草>总值>高羊茅。

2.1.3 相对密度退化速率 坡向对 3 种草坪草相对密度退化速率和总值有显著影响($P<0.05$)(表 4),多

表 3 相对频度和相对盖度退化速率的双因子方差分析

Table 3 Two-factorial analysis of variance on the degradation rate of relative frequency and relative coverage

变异来源	相对频度退化速率				相对盖度退化速率				
	高羊茅	多年生黑麦草	草地早熟禾	总值	高羊茅	多年生黑麦草	草地早熟禾	总值	
总处理	<i>F</i>	109.187	79.562	84.231	98.363	63.228	91.275	86.384	71.573
	<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
建植年限间	<i>F</i>	89.082	52.387	69.183	76.527	46.821	79.365	73.186	61.854
	<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
坡向间	<i>F</i>	14.117	12.086	7.621	13.686	13.527	11.089	6.822	7.412
	<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
建植年限和坡向互作间	<i>F</i>	22.312	16.124	5.323	19.633	7.163	5.918	5.371	5.722
	<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

年生黑麦草和草地早熟禾的相对密度退化速率逐年减慢,高羊茅则在第 2—4 年逐年增加($P < 0.05$);相对密度退化速率总值在第 2—4 年的半阴坡上最大,3—4 年半阴坡和阴坡大于阳坡,第 5 年阳坡最大。多年生黑麦草和草地早熟禾的相对密度第 2 年退化最快,第

2 年 3 种草的相对密度退化速率大小为阳坡 > 半阴坡 > 阴坡,第 3 年则为阴坡 > 半阴坡 > 阳坡,高羊茅相对密度第 4 年退化最快。第 2 和第 3 年相对密度退化速率总值均在 33% 左右,第 4—5 年逐渐降低,第 3—4 年半阴坡和阴坡上密度退化速率总值显著大于阳坡。

表 4 不同坡向上草坪草的相对密度和重要值退化速率

Table 4 Effects of slope aspects on degradation rate of relative density and important value

建植年限	坡向	相对密度退化速率				重要值退化速率			
		高羊茅	多年生黑麦草	草地早熟禾	总值	高羊茅	多年生黑麦草	草地早熟禾	总值
2 a	半阴	12.51±2.32 ^{Cab}	58.62±14.33 ^{Ab}	55.86±9.62 ^{Ab}	35.36±8.64 ^{Aa}	22.45±3.52 ^{Ca}	55.99±4.85 ^{Ac}	58.41±5.72 ^{Aa}	42.39±4.62 ^{Aa}
	阳坡	12.95±2.18 ^{Ca}	60.17±13.52 ^{Aa}	57.88±4.32 ^{Aa}	32.36±5.63 ^{Ab}	17.13±3.23 ^{Cc}	65.03±6.22 ^{Aa}	58.55±6.34 ^{Aa}	41.60±5.33 ^{Ab}
	阴坡	11.28±1.55 ^{Cb}	39.08±10.32 ^{Ac}	50.19±8.23 ^{Ac}	29.17±7.08 ^{Ac}	19.39±2.85 ^{Cb}	57.13±3.56 ^{Ab}	54.33±7.93 ^{Ab}	40.87±4.26 ^{Ac}
3 a	半阴	30.28±3.84 ^{Bb}	37.56±3.52 ^{Bb}	39.02±2.55 ^{Bb}	34.28±3.08 ^{Aa}	25.61±4.12 ^{Bb}	30.02±1.96 ^{Ba}	36.19±8.24 ^{Bb}	29.57±4.31 ^{Ba}
	阳坡	28.73±2.85 ^{Bc}	34.11±2.18 ^{Bc}	36.99±4.97 ^{Bc}	31.62±3.13 ^{Ab}	25.50±2.82 ^{Bb}	24.14±3.85 ^{Bc}	35.70±6.25 ^{Bb}	27.39±3.92 ^{Bb}
	阴坡	37.40±3.05 ^{Ba}	39.81±2.89 ^{Ba}	44.82±6.36 ^{Ba}	33.93±5.71 ^{Aa}	28.41±3.08 ^{Ba}	26.11±4.21 ^{Bb}	38.97±8.32 ^{Ba}	30.10±4.21 ^{Ba}
4 a	半阴	41.20±6.37 ^{Aa}	5.03±0.31 ^{Cb}	3.56±0.08 ^{Cb}	22.62±3.29 ^{Ba}	45.99±6.33 ^{Aa}	12.11±2.77 ^{Ca}	6.66±0.94 ^{Ca}	25.17±3.41 ^{Ca}
	阳坡	29.35±4.22 ^{Ab}	5.44±0.12 ^{Cb}	4.53±0.11 ^{Ca}	18.96±4.22 ^{Bb}	45.82±5.28 ^{Aa}	10.29±1.92 ^{Cb}	5.31±1.11 ^{Cc}	25.44±2.69 ^{Ca}
	阴坡	41.04±5.28 ^{Aa}	7.13±0.52 ^{Ca}	4.00±0.19 ^{Cb}	21.74±1.82 ^{Ba}	44.95±6.85 ^{Aa}	10.39±3.04 ^{Cb}	5.88±1.61 ^{Cb}	23.62±2.77 ^{Cb}
5 a	半阴	12.92±1.57 ^{Cb}	3.44±0.51 ^{Cb}	0.00±0.03 ^{Da}	7.36±2.24 ^{Cb}	5.94±0.08 ^{Dc}	1.88±0.08 ^{Db}	0.26±0.02 ^{Da}	2.87±0.08 ^{Db}
	阳坡	17.06±2.71 ^{Ca}	0.28±0.02 ^{Cc}	0.60±0.12 ^{Da}	9.97±2.71 ^{Ca}	11.51±1.32 ^{Da}	0.60±0.03 ^{Dc}	0.43±0.35 ^{Db}	5.56±0.31 ^{Da}
	阴坡	6.58±0.92 ^{Cc}	9.93±1.24 ^{Ca}	0.98±0.18 ^{Da}	6.24±2.33 ^{Cc}	7.25±1.83 ^{Db}	6.36±2.14 ^{Da}	0.82±0.25 ^{Da}	5.42±1.22 ^{Da}

3 种草坪草相对密度退化速率和总值在建植年限间、坡向间和交互间有极显著差异($P < 0.01$)(表 5), 建植年限是影响相对密度的主要因素, 交互次之, 坡向影响较小。分析 F 值可知, 坡向对相对密度退化速率的影响大小顺序为高羊茅 > 总值 > 多年生黑麦草 > 草地早熟禾, 建植年限对其的影响大小顺序为总值 > 草地早熟禾 > 多年生黑麦草 > 高羊茅。

2.1.4 重要值退化速率 坡向对 3 种草坪草的重要值退化速率和总值均有显著影响($P < 0.05$)(表 4)。多年生黑麦草和草地早熟禾重要值退化速率逐年减慢, 高羊茅则在第 2—4 年逐年增加($P < 0.05$); 第 2 年多年生黑麦草和草地早熟禾重要值退化速率最快,

第 4 年高羊茅重要值退化最快。草坪重要值退化速率总值在第 2 年为半阴坡 > 阳坡 > 阴坡, 第 3 年阳坡小于半阴坡和阴坡, 第 4 年阴坡小于半阴坡和阳坡, 第 5 年半阴坡小于阳坡和阴坡($P < 0.05$), 重要值退化速率总值随建植年限增加显著降低。3 种草坪草重要值退化速率和总值在建植年限间、坡向间和交互间有极显著差异($P < 0.01$)(表 5), 建植年限是影响重要值的主要因素, 坡向和建植年限间的交互次之, 坡向影响较小。坡向对重要值退化速率影响的大小顺序为黑麦草 > 总值 > 高羊茅 > 草地早熟禾, 建植年限对其影响的大小顺序为总值 > 黑麦草 > 草地早熟禾 > 高羊茅。

表 5 相对密度和重要值退化速率的双因子方差分析

Table 5 Two-factorial analysis of variance on the degradation rate of relative density and important value

变异来源	相对密度退化速率				重要值退化速率				
	高羊茅	多年生黑麦草	草地早熟禾	总值	高羊茅	多年生黑麦草	草地早熟禾	总值	
总处理	F	87.685	96.728	97.635	94.671	89.534	94.963	95.128	94.851
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
建植年限间	F	55.325	62.607	69.127	68.641	63.608	87.644	76.528	92.624
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
坡向间	F	11.086	8.385	8.085	10.158	8.351	10.082	5.338	9.854
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
建植年限和坡向交互间	F	29.186	27.354	22.618	28.342	26.574	28.723	31.274	88.638
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 坡向对生物量退化速率的影响

2.2.1 绝对生物量退化速率 坡向对 3 种草坪草的绝对生物量退化速率和总值有显著影响($P < 0.05$)(表 6)。第 2 年高羊茅和多年生黑麦草绝对生物量退化速率为阴坡 > 半阴坡 > 阳坡, 草地早熟禾则为阳坡 > 半阴坡 > 阴坡, 第 3 年 3 种草绝对生物量退化速率均半阴坡最大。多年生黑麦草和草地早熟禾在第 3 年 3 个坡向上绝对生物量退化速率均大于其他建植年限, 高羊茅第 2—3 年阳坡的绝对生物量退化速率低于半阴坡和阴坡, 第 4—5 年则大于半阴坡和阴坡($P < 0.05$), 第 4 年 3 个坡上高羊茅均最大。3 个坡向上绝对生物量退化速率总值在第 2 年均增加, 第 3 年阳坡和阴坡仍增加而半阴坡开始退化, 第 4—5 年均显著退化且阳坡大于半阴坡和阴坡, 第 4 年 3 个坡向上草坪的绝对生物量退化速率总值均大于其他建植年限。3 种草绝对生物量退化速率和总值在建植年限间、坡向间

和交互间有极显著差异($P < 0.01$)(表 7), 建植年限是影响绝对生物量的主要因素, 交互次之, 坡向影响较小。坡向对绝对生物量退化速率的影响大小顺序为高羊茅 > 总值 > 草地早熟禾 > 多年生黑麦草, 建植年限对其影响大小顺序为高羊茅 > 总值 > 多年生黑麦草 > 草地早熟禾。

2.2.1 相对生物量 坡向对 3 种草坪草相对生物量退化速率和总值有显著影响($P < 0.05$)(表 6)。多年生黑麦草和草地早熟禾退化相对生物量退化速率逐年降低, 高羊茅相对生物量退化速率第 2 和第 4 年显著大于第 3 年和第 5 年。第 2 年 3 种草在阳坡上的相对生物量退化速率大于半阴坡和阴坡, 高羊茅和多年生黑麦草则阴坡大于半阴坡; 第 3 年高羊茅相对生物量退化速率在阳坡和阴坡上为负值, 且与多年生黑麦草在半阴坡退化速率大于阳坡和阴坡相同, 阴坡上草地早熟禾大于半阴坡和阳坡。高羊茅相对生物量退化

3 讨论

草坪退化是自然、管理及使用因素的共同作用,是草坪草个体生长、种群结构和群落组成发生改变的复杂过程。常通过选择赋予不同权重的外观、生态及使用质量指标体系^[13],对草坪外观、生态和使用质量进行综合评价,目前尚无公认的、专门针对护坡草坪退化程度的评价方法^[14]。以频度、盖度、密度为基础的重要值,以物质能量累积为基础的生物量,可反映草坪草在混生植物群落中的地位及生长能力,但因杂草入侵改变了草坪群落的物种组成,故本文采用草坪草相对植物群落的重要值和生物量变化,衡量护坡草坪的退化速率。

坡向使坡面的受光角度、光照强度及光照时数等不同,影响了坡面生态因子空间分布及再分配,阴坡土壤含水量、有机质和有效氮含量等均高于阳坡,而土壤温度和土壤全氮含量小于阳坡^[15]。微生物异质性致使不同坡向上的草坪草构件数量和质量性状及生理代谢途径和强度不同^[16],抗逆性和适应性结构和生理基础差异,使不同坡向上3种草坪草退化表现及退化速率不同。

3种草坪草的株丛类型、生长方式和生态特点不同^[13],高羊茅、草地早熟禾和多年生黑麦草耐热性和抗逆性依次递减^[17-18],坡向对3种草坪草相对频度、相对盖度、相对密度的退化速率影响大小顺序为高羊茅>多年生黑麦草>草地早熟禾,高羊茅重要值和生物量退化速率慢于多年生黑麦草和草地早熟禾,这与3种草坪草的耐热性和抗旱性等研究结果相似^[17]。坡向间和建植年限间3种草坪草退化表现和退化速率显著不同,但第5年3个坡向3种草坪草均退化殆尽,形成了以不同入侵杂草为建群种的次生草坡。

因试验边坡草坪管理粗放,第2年起杂草不断入侵与侵占草坪,杂草的株丛类型、生长速率、繁殖能力及抗逆性优于草坪草,虽半阴坡、阳坡和阴坡入侵杂草种类和数量不同^[19],但杂草种类和数量对植物相互关系、自然选择速率和物种留存起决定性作用^[20]。杂草对草坪草地上和地下的竞争优势及优势累积^[11],加速了草坪草的退化速率,草坪相对盖度和相对生物量退化速率总值在建植第2年最大,相对密度总值退化速率在第2和第3年各约为33%,相对频度总值退化速率在第3和第4年各约为40%,表明杂草入侵首先引

起边坡草坪相对生物量、盖度和密度退化,而后引起边坡草坪相对频度和绝对生物量退化。

植物群落是适应共同生存环境而巧妙组合形成的植物集合^[21],物种的重要值、生物量及形态可塑性,反映植物对环境条件的适应能力和应对策略,也反映环境条件对植物生长发育的影响程度^[22]。植物通过局部特化的生物量分配格局提高生存、生长及抗逆能力,通过抗氧化系统活性消除伤害和提高抵御能力^[18,23],3种草坪草对坡向微生境的应对机理及生长策略差异有待于深入研究。本文通过测定草坪草重要值及生物量退化,仅表明杂草入侵对草坪结构功能影响的结果,未对竞争强度、退化动力及演替规律进行分析。群落植物竞争力受群落面貌、结构及数量特征的影响^[24-25],关于坡向导致的入侵杂草种类、数量和时空特征,及杂草对草坪草的竞争模式与攻击强度,有待于深入研究。

4 结论

1)坡向和建植年限对3种草坪草重要值退化速率有显著影响($P<0.05$),建植年限影响大于坡向,草种受影响大小为多年生黑麦草>草地早熟禾>高羊茅,多年生黑麦草重要值对坡向微生境最为敏感最易退化。

2)坡向和建植年限对草坪绝对和相对生物量退化速率有显著影响($P<0.05$),建植年限影响大于坡向,相对生物量退化速率大于绝对生物量,相对生物量退化速率影响为草地早熟禾>多年生黑麦草>高羊茅。

3)3个坡向上3种草坪草退化表现不同,但第5年草坪均退化成杂草草坡,故建植边坡草坪时,应依据坡向合理选择草种及建植养护技术。

参考文献:

- [1] 赵燮京,刘定辉.四川紫色丘陵区旱作农业的土壤管理与水土保持[J].水土保持学报,2002,16(5):6-10.
- [2] 刘金平.坡度对野生荩草分株特征及生殖分配的影响[J].草业科学,2013,30(10):1602-1607.
- [3] 赵艳,蔡检,李莹,等.3种冷季型草坪草对温度与遮荫协同作用响应的差异性分析[J].草业与畜牧,2015(2):28-33.
- [4] 张相锋,苏爱莲,董世魁,等.不同基质对护坡绿化植物群落数量特征的影响[J].水土保持学报,2008,22(6):193-196.
- [5] 卓慕宁,李定强,郑煜基.高速公路生态护坡技术的水土

- 保持效应研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 164—167.
- [6] 刘春霞, 韩烈保. 高速公路边坡植被恢复研究进展[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 2090—2098.
- [7] 王朝阳, 陈吉普. 坡向与斜坡稳定性的关系研究[J]. 企业技术开发, 2007(12): 12—14.
- [8] Cantón Y, Del Barrio G, Solé-Benet A, *et al.* Topographic controls on the spatial distribution of ground cover in the Tabernas badlands of SE Spain[J]. *Catena*, 2004, 55(3): 341-365.
- [9] 刘旻霞. 亚高寒草甸不同坡向植物光合生理和叶片形态差异[J]. 生态学报, 2017, 37(24): 8526—8536.
- [10] 乔森, 曾燕, 邱新法. 宏观坡向对不同等级降水的影响[J]. 水土保持研究, 2018, 25(1): 167—171.
- [11] 汪智宇, 李莹, 刘金平, 等. 不同修剪频次和丝茅入侵量对细叶结缕草竞争力和草坪质量的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(10): 53—65.
- [12] 韩贵锋, 叶林, 孙忠伟. 山地城市坡向对地表温度的影响——以重庆市主城区为例[J]. 生态学报, 2014, 34(14): 4017—4024.
- [13] 孙吉雄. 草坪学(第二版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [14] 赵有益, 林慧龙, 任继周. 草坪质量的模糊数学综合评价方法[J]. 草业科学, 2006, 23(2): 92—97.
- [15] 盘远方, 陈兴彬, 姜勇, 等. 桂林岩溶石山灌丛植物叶功能性状和土壤因子对坡向的响应[J]. 生态学报, 2018, 38(5): 1581—1589.
- [16] 曾晓琳, 王大伟, 刘金平, 等. 坡向对 3 种冷季型草坪草表观性状及叶绿素含量的影响[J]. 草业科学, 2015, 32(11): 1823—1831.
- [17] 赵昕, 李玉霖. 高温胁迫下冷地型草坪草几项生理指标的变化特征[J]. 草业学报, 2001, 10(4): 85—91.
- [18] 马娇, 宗人旭, 刘金平, 等. 丝茅入侵量对 3 种冷季型草坪草竞争力及生长潜力影响的差异[J]. 草业学报, 2016, 25(7): 140—147.
- [19] 王大伟, 孙帅, 刘金平, 等. 坡向对退化冷季型护坡草坪中植物种类及多样性的影响[J]. 草业与畜牧, 2017(1): 40—48.
- [20] 侯勤正, 叶广继, 马小兵, 等. 青藏高原不同生境下湿生扁蕾个体大小依赖的繁殖分配[J]. 生态学报, 2016, 36(9): 1—9.
- [21] 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.
- [22] 王齐, 孙吉雄, 安渊. 水分胁迫对结缕草种群特征和生理特性的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(2): 33—38.
- [23] 孙帅, 张小晶, 刘金平, 等. 遮阴和干旱对苳草生理代谢及抗性系统影响的协同作用[J]. 生态学报, 2018, 38(5): 1770—1779.
- [24] TILMAN D. Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities[M]. USA: Princeton University Press, 1988.
- [25] SCHENK H J, JACKSON R B. Mapping the global distribution of deep roots in relation to climate and soil characteristics[J]. *Geoderma*, 2005, 126(1): 129—140.

Effects of slope orientation and planting years on degradation rate of important value and biomass of cold season mixed-sown slope protection turf

ZENG Xiao-lin, MA Yong, LIU Jin-ping, WANG Da-wei, YANG Xiao-qin

(1. Logistics Department, China West Normal University, Nanchong 637009, China; 2. School of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong 637009, China)

Abstract: At three slope aspects (semi-shading slope EN 40°, sunny slope WS33°, shady slope WN 29°) of hilly area with purple soil, mixed-sown slope-protection turf consisting of *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*

and *Poa pratensis* were studied. The dynamics of relative frequency, relative coverage, relative density, important value and relative yield of the turfgrass within 1~5 years after sowing were analyzed, to study the effects of slope aspect and planting years on the degradation rate of the turf. Slope aspect and planting years had significant effects on the degradation rate of important value and total biomass of slope-protection turf, which was mostly affected by planting years, followed by the interaction of planting years and slope orientation, and least affected by slope orientation. The degradation rates of important value and biomass of the three grass species were significantly different among planting years and slope aspect. Effects of slope orientation on degradation rate of important value followed the order of *L. perenne* > total value > *F. arundinacea* > *P. pratensis*, and effects of planting years followed the order of total value > *L. perenne* > *P. pratensis* > *F. arundinacea*, while effects of both slope orientation and planting years on degradation rate of relative biomass followed the order of *P. pratensis* > *L. perenne* > total value > *F. arundinacea*. Slope aspect and planting years had significant effects on the degenerative performance of the three grass species. The degradation rate of total biomass for *L. perenne* and *P. pratensis* was 74.81% and 86.13% in the 2nd year on sunny slope; while *F. arundinacea* had 70.16% degradation rate on shady slope in the 4th year. In conclusion, the slope aspect had different effects on the important value and biomass of three turf grass species, such as the fastest degradation rate for *P. pratensis* and *L. perenne* in 2~3 years, while in the 4th year for *F. arundinacea*. Therefore, the corresponding turf planting and maintenance technical measures should be formulated according to the slope orientation.

Key words: slope aspect; slope protection lawn; biomass; important value; degradation rate

版权声明

为扩大本刊及作者知识信息交流渠道,加强知识信息推广力度,本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在 CNKI 中国知网及其系列数据库产品中,以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该著作权使用费及相关稿酬,本刊均用作为作者文章发表、出版、推广交流(含信息网络)以及赠送样刊之用途,即不再另行向作者支付。凡作者向本刊提交文章发表之行为即视为同意编辑部上述声明。