

# 坡度对野生芨草分株特征及 生殖分配的影响

刘金平

(西华师范大学生命科学院, 四川 南充 637009)

**摘要:**通过多重比较法,对紫色土丘陵区断面不同坡位下,野生芨草(*Arthraxon hispidus*)群落生殖分株的数量特征、生物量结构、生殖分配与生殖再分配进行分析。结果表明,野生芨草可在 $50^\circ$ 断面上存活,并完成生命周期,坡度越大生殖分株的小花数、小穗数等花序性状及结实率变异系数越大;生殖分株的绝对与相对根、茎、叶、花序生物量的最大、最小、平均值,均受坡度的显著影响( $P < 0.05$ ),大坡度时生物量显著向根系分配,而减少花序的生物量比例;生殖分配率与生殖再分配显著受生境的极显著影响( $P < 0.01$ ),坡度越大生殖分配率与生殖再分配越低。野生芨草对断面干旱、贫瘠的生境条件具有极强适应能力,可作为优良的固土护坡草坪乡土草种资源加以开发利用。

**关键词:**芨草;分株;生殖;生物量;草坪

**中图分类号:**S540.1;Q945.79

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-0629(2013)10-1602-06

\* 1

紫色土丘陵区是侵蚀地带和水土流失最为严重的地类之一。由于受日照、降水等自然气候因子及耕作、开山修路、经济开发等人为因素的影响,植被频遭破坏,常形成紫色岩及其成土母质裸露的坡断面。断面的母质与基岩粘结性能差、抗蚀能力弱,崩解风化速度快,水土流失极为严重,易由面蚀逐步发展沟蚀。近年来,很多学者对紫色丘陵区坡面土壤理化特性、风化特点、侵蚀过程进行了研究<sup>[1-6]</sup>,同时应用工程技术、客土喷播技术、挂网技术、耕作管理技术对紫色丘陵区断面进行治理与重建,一般采用外来引进的几种禾本科草坪草作为先锋草本植物,混合少量灌木与乔木种子进行断面植被的建植<sup>[7-8]</sup>。由于引进草坪植物的生物学特性与生态学特点的局限性,加之断面土层薄、保水保肥能力差等生境条件的限制,建植后的管理养护难度极大,致使建成的植物群落稳定性差,往往建植后1~2年植被覆盖率最高,3~4年开始退化,5年后形成秃斑逐渐扩展为新的裸露断面,不仅造成资源与财力的浪费,同时也带来了新的生态问题。所以,开发利用本土优良的水土保持植物资源,是紫色土丘陵区断面植被恢复、生态治理的必由之路。

芨草(*Arthraxon hispidus*)为禾本科芨草属一年或多年生草本植物,别名竹叶草、绿竹、马耳草,具有株秆细弱、多分枝、基部倾斜、着地后节易生根等特点。芨草作为紫色土丘陵区常见的乡土草种,野生资源丰富、生态型多,生长期长、生长速度快,再生性好,具有广泛生态适应性<sup>[9]</sup>。在自然状态的丘陵区断面上,常有野生芨草分布,甚至在大于 $70^\circ$ 的断面坡上也能形成单优群落。可见,芨草具有极强的抗旱、耐贫瘠能力,在固土护坡草坪建植及生物修复方面有巨大开发潜力。目前,关于芨草的研究报道极少。系统深入地研究芨草的生物学特性、生态学特点及开发利用途径,对于解决丘陵地区边坡护理、水土保持等工程中主要依赖引进植物、本土材料短缺等相关问题具有重要的现实意义。

植物生长、成活和繁殖是对水、肥、汽、热等生境资源权衡分配的结果,地形常引起生境资源的异质化,从而影响植物群落的组成分布<sup>[10-11]</sup>和植物种群的数量特征<sup>[12-13]</sup>。本研究针对紫色土丘陵区坡断面治理修复过程中,缺乏合适草本植物,急需开发本土草种的实践问题,通过测定不同坡度下,芨草生殖分株的数量性状、生物量结构、根茎

收稿日期:2013-01-09 接受日期:2013-07-16

基金项目:四川省科技支撑计划(2011NZ0064);四川省科技厅应用基础项目(2012JY0062)

作者简介:刘金平(1972-),男,山西临县人,副教授,博士,主要从事植物生态学研究。E-mail:jpgg2000@163.com

比、生殖分配率及种子饱满度的差异,分析生境资源异质的坡度对荩草生长、生殖的影响,旨在探讨野生荩草对断面特殊生境的应对策略与适应性,为荩草在丘陵区坡断面修复中的进一步开发利用提供依据。

## 1 材料与方法

**1.1 采样地概况** 采样地位于四川省南充市顺庆区西华师范大学新校区一期的一个高约 21 m、坡度

约为 60°偏南北向的 3 年前修路形成的断面,未经过人工整理与修复。地理坐标为 30°82' N、106°06' E,属典型的中亚热带湿润季风气候区,四季分明,气候温和,雨量充沛。年平均气温 17.4 °C,最高气温 40.1 °C,最低气温 -2.8 °C,年日照时间 1 266.7 h,平均每年有霜期仅 13.7 d,年降水量 1 020.8 mm。采样地土壤为自然风化沉积的紫色土,pH 值为 6.6。具体生境如表 1 所示。

表 1 荩草群落生境概况

Table 1 Habitat overview of *A. hispidus* community

编号 No.	采集地点 Collecting site	坡度 Slope/°	群落面积 Population size/m <sup>2</sup>	土层厚度 Soil thickness/cm	土壤含水量 Water content of soil/%	有机质含量 Organic matter content/%	速效 N Available N/mg · kg <sup>-1</sup>
A	坡顶 Top of slope	10±2°	1.24	17.6	21	0.83	13.8
B	坡腰 Middle of slope	50±2°	0.51	9.2	17	0.52	11.2
C	坡底 Bottom of slope	30±2°	1.53	21.5	19	0.66	12.7

**1.2 材料** 试验材料为分布在断面上的多年生处于生殖生长后期的野生荩草群落。

**1.3 测定指标及方法** 自然高度:每群落随机选取 50 株,直尺测量植株的自然高度。

生殖枝的数量参数:于荩草蜡熟期用 0.1 m×0.1 m 样方,在群落内随机 3 次取样。齐地刈割后,每份鲜草中随机选取 50 个生殖枝,测定花序轴长度、穗节数、小穗数、种子数。

生物量结构:测定分蘖枝数后,挖取对应的分蘖丛根系,冲洗拭干;随机选取 50 个生殖枝,把单枝叶、茎、花序分离并分别装袋,在 105 °C 下烘至质量恒定后称干质量。单枝花序、茎、叶干质量为根、茎、叶的绝对生物量;根系干质量/枝条数为单枝根的绝对生物量。

相对生物量 = 各构件生物量/单枝总质量 × 100%;

根茎比 = 根系干质量/(单枝茎、叶、花序的平均生物量 × 枝条数) × 100%;

生殖分配 = (单枝花序平均生物量 × 枝条数)/样方总生物量 × 100%;

生殖再分配 = 种子产量/花序生物量 × 100%;

种子千粒重 = 种子重/种子数 × 1 000。

**1.4 数据处理** 采用 SAS 9.1 进行数据分析,用 ANOVA 进行方差分析,用 Student-Newman-Keuls 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

**2.1 坡度对荩草自然高度与生殖枝性状影响的分析** 不同坡位点的荩草群落自然高度不同(表 2),C 群落的最小、最大株高均大于 A、B 群落,但平均高度则表现为 A>B>C,可见坡度对群落的植株高度有影响,坡顶的高枝比例较大。坡位越低,群落内荩草单株高度间的差异越小,但变异系数则为 B>A>C,说明在 B 群落,由于坡度大,个体生存空间与营养水平差别大,致使生殖枝高度的变异系数增大。

从花序性状的标准偏差与变异系数值可见,不同群落荩草生殖枝性状存在差异,差异由大到小为小穗数>穗节数>穗轴长。B 群落平均穗轴长最小,但生殖枝平均穗节数与小穗数最大,说明坡度大、土壤肥差的生境下,荩草通过缩短花序、加密小穗,提高单枝潜在种子产量来应对不良生境,同时 B 群落生殖枝的小穗数及穗节数的标准偏差和变异系数值高于 A、C 群落。

不同群落荩草生殖枝的种子数差异明显,变异系数均超过 50%,尤其 B 群落高达 87.38%,可见荩草结实率易受生境条件的影响。

### 2.2 坡度对荩草生物量结构影响的分析

**2.2.1 茎、叶生物量的多重比较** 绝对茎生物量最小值在不同坡位点无显著差异,最大值与平均值,B 群落的值显著低于 A、C(表 3)。相对茎生物量最小

表 2 坡度对荩草自然高度与生殖枝性状影响的分析

Table 2 Effect of slope on natural height and reproductive branches traits of *A. hispidus* population

项目 Item	编号 No.	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variance/%
小穗数/枝 Ears per fertile tiller	A	7.00	37.00	18.71	5.44	29.06
	B	8.00	21.00	19.57	8.66	44.24
	C	10.00	37.00	18.71	4.07	21.75
穗节数/枝 Eustipes per number/tiller	A	6.00	31.00	16.71	4.82	28.84
	B	7.00	20.00	18.14	7.27	40.05
	C	7.00	32.00	16.86	4.45	26.40
种子数/枝 Seeds per fertile tiller	A	7.00	35.00	15.71	11.43	72.72
	B	0.00	9.00	14.43	12.61	87.38
	C	7.00	36.00	14.71	7.70	52.31
穗轴长 Length of cob/cm	A	3.02	7.30	6.08	1.58	26.02
	B	2.97	6.92	5.97	1.39	23.36
	C	3.17	8.41	6.03	1.28	21.25
自然高度 Natural height/cm	A	19.80	89.20	49.36	22.22	45.02
	B	14.20	70.32	48.45	21.86	45.12
	C	19.92	94.30	47.62	14.94	31.37

表 3 坡度对荩草茎、叶生物量影响的多重比较分析

Table 3 Multiple comparisons on stem and leaf biomass of *A. hispidus* population in different habitats

项目 Item	茎生物量 Stem biomass						叶生物量 Leaf biomass					
	绝对 Absolute/g · 枝 <sup>-1</sup> tiller			相对 Relative/%			绝对 Absolute/g · 枝 <sup>-1</sup> tiller			相对 Relative/%		
	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean
A	0.09a	1.33a	0.61a	23.62b	59.91b	55.12a	0.07a	0.32a	0.13b	1.84b	14.41a	11.51b
B	0.08a	1.21b	0.51b	40.82a	63.23a	53.76a	0.06a	0.20c	0.11b	3.06a	5.99c	11.43c
C	0.09a	1.34a	0.61a	20.13c	60.77b	51.52b	0.07a	0.24b	0.19a	1.57c	10.88b	15.71a
F	3.00	157.00	105.58	3677.787	581.99	9.89	4.32	112.00	51.01	19.037	537.197	179.747
P	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.18	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注: 同列不同小写字母间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different lower case letters within the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

值、最大值、平均值均极显著受生境的影响 ( $P < 0.01$ )。绝对茎生物量最大值极易受生境影响, 而最小值受影响极小; 相对生物量最小值易受坡度影响, 最大值次之, 平均值受影响较低。

绝对叶生物量最大值, 在不同坡位点均存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 平均值群落 A、B 与 C 之间差异极显著, 最大值受坡位点影响大于平均值, 最小值几乎未受影响。A 群落绝对叶生物量最大值显著高于 B、C, 而平均值则 C 群落显著高于 A、B ( $P < 0.05$ )。相对叶生物量最小值、最大值、平均值也极

显著受生境的影响 ( $P < 0.01$ ), 受影响由大到小表现为最大值  $>$  平均值  $>$  最小值; 但 B 群落的最小值、A 群落的最大值、C 群落的平均值显著高于同类项目其他群落 ( $P < 0.05$ )。

**2.2.2 花序、根生物量的多重比较** 花序绝对、相对生物量均极显著受生境的影响 ( $P < 0.01$ ), 绝对花序生物量最小值受生境影响最大、最大值次之、平均值最小, 而相对花序生物量的最大值受生境的影响最小 (表 4)。C 群落绝对花序生物量最小、最大值均显著大于 A、B ( $P < 0.05$ ), 绝对花序生物量平均

值 B 群落显著低于 A、C, A、C 群落间差异不显著。

根系绝对、相对生物量均极显著受生境的影响 ( $P < 0.01$ )。不同生境下, 单枝根系绝对、相对生物量最大值的差异, 远大于最小值的差异。B 群落单枝根系绝对生物量变异范围显著大于 A、C, 最小值不足 A、C 群落的一半, 但最大值竟为 A、C 群落的 4 倍左右。同时, B 群落相对根系生物量最小值显著低于

A、C 群落, 最大值与平均值显著高于 A、C 群落; 而 C 群落最小值虽高, 但最大值与平均值显著低于 A、B 群落。

**2.3 坡度对芨草根茎比影响的分析** 坡位对芨草群落单枝的根茎比有极显著影响 ( $P < 0.01$ ), B 群落根茎比达 43.84%, 显著高于 A、C (表 5)。可见大坡度生境不良的群落 B, 生物量优先分配向根系;

表 4 坡度对芨草花序、根系生物量影响的多重比较

Table 4 Multiple comparisons on inflorescence and root biomass of *A. hispidus* population in different habitats

项目 Item	花序生物量 Inflorescence biomass						根生物量 Root biomass					
	绝对 Absolute/g · 枝 <sup>-1</sup> tiller			相对 Relative/%			绝对 Absolute/g · 枝 <sup>-1</sup> tiller			相对 Relative/%		
	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean
A	0.11b	0.12b	0.12a	29.92b	5.41b	10.60a	0.17b	0.45b	0.25b	44.62b	20.27b	22.75b
B	0.03c	0.05c	0.04b	15.31c	1.50c	4.34c	0.08c	1.88a	0.29a	40.82c	56.29a	30.48a
C	0.15a	0.15a	0.12a	33.56a	6.58a	10.08b	0.20a	0.48b	0.27ab	44.74a	21.80c	22.68c
F	114	73	60	2799587	212208	362776	117	20029	10	149477	1.25E7	601665
P	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 5 坡度对芨草根茎比、生殖分配比及种子千粒重影响的多重比较

Table 5 Multiple comparisons on ratio of root and stem, rate of reproductive investment, 1 000-grain seed weight of *A. hispidus* population in different habitats

项目 Item	根茎比 Ratio of root and stem/%	生殖分配率 Ratio of inflorescence investment/%	生殖再分配 Redistribution of inflorescence/%	种子千粒重 1000-grain seed weight/g
A	29.46b	10.60a	6.57b	1.20b
B	43.84a	4.34c	1.32c	0.93c
C	29.34c	10.08b	8.64a	1.21a
F	2 084 219	362 776	798 212	1 376 004
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

而土层最厚、含水量最高的 C 群落, 根茎比值最低。

**2.4 坡度对芨草生殖分配及生殖再分配影响的分析** 生殖分配极显著受生境的影响 ( $P < 0.01$ ), 群落间差异显著 ( $P < 0.05$ ) (表 5), 坡度越大生殖分配率越低。B 群落生物量优先向根、茎分配, 致使生殖枝花序的花序轴、小穗数、穗节数显著低于 A、C, 其生殖分配仅为 4.34%, 显著低于其他群落。

生殖再分配极显著受生境的影响 ( $P < 0.01$ ), 不同群落间差异显著 ( $P < 0.05$ ), B 群落种子产量仅为花序生物量的 1.32%, 显著低于 A、C 群落, 且种子千粒重也显著低于其他群落。C 群落生殖分配率显著低于 A, 但生殖再分配与种子千粒重显著高

于 A 群落。

### 3 讨论与结论

坡地地形直接影响生境水分贮藏与分配, 水分流失间接引起土壤养分的变化, 研究表明<sup>[14-15]</sup>, 土壤水分能引起植物生物量分配的显著变化。植物在不同环境条件下的资源分配格局反映了植物发育对环境的响应规律和适应对策<sup>[16]</sup>。本试验表明, 大坡度、土层薄、水肥不足的坡腰, 芨草生物量优先向根系分配, 而减少对其他构件的投入; 而在生境较好的坡底, 植株的茎叶和花序生物量显著增强, 但根系生物量比例则显著降低。生境因子的作用往往通过影响植株的根茎比来实现, 越是干旱、贫瘠的生境, 植

物根系所占比例越大<sup>[17]</sup>。芩草在干旱贫瘠坡度下,根系发达、植株斜生、根茎比高的特点,符合固土护坡草坪草基本特征的要求,说明芩草具有极大的开发利用价值。

生殖分配对植物个体大小具有依赖性,而且植株必须达到一定的大小(阈值)才能开始繁殖<sup>[18]</sup>,植株大小是决定植物开花的重要因子。芩草群落虽有多年生特点,但在南充地区冬季地上部分会枯黄凋零,测定生殖分株实际为当年生的新枝,在3个坡位点,虽植株大小、构件组成、生物量结构有显著差异,但所有分枝都进入了生殖繁殖。坡度对生殖分枝数量性状、生殖分配及生殖再分配均有极显著的影响,大坡度时芩草总生物量少,植株通过减少花序轴长、小穗数、穗节数等数量性状的值,来降低生殖分配率,而没有放弃有性生殖机会。虽然大坡度(坡腰)群落的生殖再分配(种子产量)仅为1.32%,且种子多为干瘪粒,但该处土层薄,有机质含量低(约1%),N含量仅为10 mg·kg<sup>-1</sup>,在如此贫瘠条件下仍然有种子形成,为种群的延续与扩张提供了基础。

综上所述,在平坦、水肥充足时芩草植株直立生长,以有性生殖为主;在坡地植株斜生,甚至匍匐生长,以增加无性繁殖的能力,但同时保留有性生殖的机会,为芩草生存、成长与扩繁奠定了基础,因此在自然状态的坡断面上,都能形成相对稳定的野生芩草群落。在断面修复治理时,不仅可通过工程措施加固坡面,且用喷客土等技术能增加坡面保水保肥能力,假如芩草能得到这些措施与技术的支持,必定能形成稳定的植被群落,对丘陵区坡断面的治理修复及固土护坡草坪的建植,发挥出更大的作用。

## 参考文献

- [1] 张奇,杨文元. 川中丘陵小流域水土流失特征与调控研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1997,3(3):39-44.
- [2] 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.
- [3] 刘定辉,李勇. 植物根系提高土壤抗侵蚀性机理研究[J]. 水土保持学报,2003,17(3):34-37.
- [4] 林和平. 水平沟耕作在不同坡度上的水土保持效应[J]. 水土保持学报,1993,7(2):63-69.
- [5] 刘坤,陈治谏,廖晓斌. 三峡库区紫色土坡地不同耕作措施的水土保持效应研究[J]. 水土保持研究,2007,14(4):257-259.
- [6] 林立金,朱雪梅,邵继荣,等. 紫色土坡耕地横坡垄作的水土流失特征及作物产量效应[J]. 水土保持研究,2007(3):254-255,258.
- [7] 谭志坚,何利群,刘清益,等. 中国重庆地区高速公路绿化现状和策略[J]. 四川草原,2002(4):43-47.
- [8] 刘丽. 高速公路绿化植物配置研究及其实践[D]. 雅安:四川农业大学,2004:22-37.
- [9] 刘金平,张海燕. 南充地区野生芩草种质资源形态多样性研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(12):4926-4929.
- [10] 方精云,郭庆华,刘国华. 我国水青冈属植物群的地理分布格局及其地形的关系[J]. 植物学报,1999,41(7):766-774.
- [11] 何兴东,高玉葆,赵文智,等. 科尔沁沙地植物群落圆环状分布成因地统计学分析[J]. 应用生态学报,2004,15(9):1512-1516.
- [12] 卢建国,王海涛,何兴东,等. 毛乌素沙地半固定沙丘油蒿种群对土壤湿度空间异质性的响应[J]. 应用生态学报,2006,17(8):1469-1474.
- [13] 王海涛,何兴东,高玉葆,等. 油蒿演替群落密度对土壤湿度和有机质空间异质性的响应[J]. 植物生态学报,2007,31(6):1145-1153.
- [14] 高慧,高玉葆,刘海英,等. 不同坡位大针茅生长与生殖分配特征[J]. 应用生态学报,2009,20(9):2123-2128.
- [15] 杨持,贾志斌,洪洋,等. 中温型和暖温型草原共有植物种群繁殖分配的比较研究[J]. 植物生态学报,2002,26(1):39-43.
- [16] Enquist B J, Niklas K J. Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants[J]. Science,2002,295:1517-1520.
- [17] Chartzoulakis K, Notisakis B, Therios I. Photosynthesis, plant growth and dry matter distribution in kiwifruit as influenced by water deficits[J]. Irrigation Science,1993,14:1-5.
- [18] Weiner J. The influence of competition on plant reproduction [A]. Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies [M]. New York: Oxford University Press,1988:228-245.

## Effects of sectional slope on reproductive ramets quantitative characteristics and reproductive investment of wild *Arthraxon hispidus*

LIU Jin-ping

(School of Life Science, China West Normal University, Nanchong 637009, China)

**Abstract:** In the study, wild *Arthraxon hispidus* population distributed in purple soil hilly area of different slope was taken as a test material, indicators like reproductive ramets quantitative characteristics, biomass structure, reproductive investment rate and reproductive redistribution were measured and analyzed. The result showed that wild *A. hispidus* on the 50° cross-section can complete life cycle. When the slope was larger, the variation coefficient of inflorescence traits and seed setting rate was greater. The slope significantly affected the maximum, minimum and average value of root, stem, leaf, inflorescence biomass. When the slope was larger, more biomass distributed into root and less biomass into inflorescence. The habitat significantly affected reproductive investment rate and reproductive redistribution when the slope value was larger, the value of reproductive investment rate and reproductive redistribution was lower. The wild *A. hispidus* had a strong ability to adapt to arid and barren sectional habitat. Therefore, wild *A. hispidus* was an excellent lawn grasses resources in protecting solid soil slope, and should be exploited and utilized.

**Key words:** *Arthraxon hispidus*; ramets; reproduction; biomass; lawn

Corresponding author: LIU Jin-ping E-mail: jpgg2000@163.com

全国优秀农业期刊、全国畜牧兽医优秀期刊

国内标准刊号: CN23-1476

《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊

国际统一刊号: ISSN1673-1921

### 《养殖技术顾问》

本刊全国发行,以“普及养殖知识,推广新技术,为养殖户和基层技术人员服务”为办刊宗旨,设有“畜禽饲养、繁育改良、饲料与添加剂、兽医临床、病例报告、检验检疫、卫生防疫、兽药、经济动物、宠物园地、研究与综述、机械设备、水产工程、种植与环境、农牧产品工程、行业发展论坛、农牧业经济、执法与监督、培训与教学”等多个栏目,内容实用具体、操作性强,是养殖户和养殖场技术人员的良师益友。邮局订阅代号 14-304,每期 18.00 元,全年 216.00 元。

欢迎各地畜牧兽医企业、养殖场利用我刊宣传产品和企业形象

地址:哈尔滨市道外区红旗大街 518 号

邮编:150050

联系人:吴晓辉 张春岱

E-mail: yzjsgw@126.com

电话:0451-86036168 86823517

传真:0451-57633298