

狗尾草和金色狗尾草种群生殖分株 生物量结构及生长^{*}

贾风勤^{1**} 张娜¹ 努尔买买提¹ 纳森巴特¹ 赖卓彦²

(¹资源与生态研究所/新疆自治区普通高校天然产物化学与应用重点实验室/伊犁师范学院化学与生物科学学院, 新疆伊宁 835000; ²台北市立动物园, 中国台北 11656)

摘要 采用野外生态学实验方法对狗尾草属狗尾草和金色狗尾草种群生殖分株组分生物量结构及生长情况进行了比较。结果表明:在种内2物种生殖分株组分生物量具有较大的变异特征;组分生物量分配变异系数较小,分别为11.11%~22.77%和12.41%~26.82%;生殖分株营养组分生物量随株高和总生物量增加而均呈现幂函数形式增长,表现为相似的异速生长规律;其中,狗尾草全体拟合方程的 R^2 值在55%~71%,金色狗尾草为62%~81%;在种间,生殖分株各组分除株高存在显著差异外,其余均不显著;生物量分配中,生殖分配和鞘生物量分配呈极显著差异。研究表明,狗尾草属2物种生殖分株在相同生存环境下,组分生物量和生长情况在种内和种间会同时受随机环境因子和自身遗传因子的内外调控,而表现出一定异同点。

关键词 狗尾草;金色狗尾草;生殖分株;生物量结构;异速生长

中图分类号 Q145 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2014)1-0048-05

Biomass structure and growth of reproductive ramets of *Setaria viridis* (L.) Beauv and *S. glauca* (L.) Beauv. JIA Feng-qin^{1**}, ZHANG Na¹, Nuermaimaiti¹, Nasenbate¹, LAI Zhuo-yan² (¹Resources and Ecological Research Institute/Xinjiang Key Laboratory of Natural Product Chemistry and Application/College of Chemistry and Biological Sciences; Yili Normal University, Yili 835000, Xinjiang, China; ²Taipei Zoo, Taipei 11656, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(1): 48-52.

Abstract: Biomass structure and growth of reproductive ramets of *Setaria viridis* (L.) Beauv and *S. glauca* (L.) Beauv were compared in the field. Biomass of reproductive ramets had large variation between populations within each species. Coefficients of variation in biomass constituents were low, being 11.11%–22.77% in *Setaria viridis* and 12.41%–26.82% in *Setaria glauca*, respectively. Biomass of reproductive ramets increased in a power function with increasing plant height and total biomass, and they showed a similar allometric power growth pattern. The coefficients of determination R^2 of fitted equations were between 55% and 71% in *Setaria viridis* and between 62% and 81% in *Setaria glauca*. Plant height was the only parameter that had a significant difference between species. Reproductive allocation and sheath biomass allocation showed significant differences. The results demonstrated that, for both species under the same environment, biomass component and growth can be similar or different both within and between species, which is controlled by the interaction between environmental and genetic factors.

Key words: *Setaria viridis* (L.) Beauv; *Setaria glauca* (L.) Beauv; reproductive ramet; biomass structure; allometry.

* 新疆维吾尔自治区国际合作科技项目(20116017)资助。

** 通讯作者 E-mail: jfqanan@sina.com

收稿日期: 2013-07-10 接受日期: 2013-09-25

狗尾草(*Setaria viridis* (L.) Beauv)和金色狗尾草(*S. glauca* (L.) Beauv)为禾本科狗尾草属1年生草本植物,在形态、物候方面具有一定的相似性。两者在生理上如种子生产(Kegode *et al.*, 1999)、萌发(Taylorson & Brown, 1977; Norris & Schoner, 1980)等方面存在差异,那么在生态特征如生物量分配等方面存在哪些异同呢?

植物各构件生物量是植物与环境因素相互作用的结果(苏智先和钟章成, 1991; 全杜鹃等, 2012), 其中,同化产物向生殖构件分配的比例控制着植物生殖与生存的平衡(Andrén & Paustian, 1987)。植物生长过程中的生殖分配格局及其调节生殖分配的策略以适应特定生存环境是生殖生态学研究的重要任务(苏智先等, 1998)。

狗尾草和金色狗尾草广泛分布于世界温带地区,为难以防治的农田杂草(Friesen & Shebeski, 1960; Wang & Dekker, 1995),也是优良牧草之一。其种子萌发快、生活周期短等特点使其很容易在短时间内形成地表优势种(Dawson & Bruns, 1962; 白昌军等, 2012; 孟祥楠等, 2012),以一定密度存在时对某些植物抵抗恶劣环境有协助作用(李善林和韩烈保, 2000)。

在新疆伊犁休耕当年农田中常可形成两者同时存在的群落和层片,两者是通过何种生殖策略来实现种群迅速占据裸地的呢?为此,本文通过对两者生殖分株生物量分配策略进行研究,揭示其特殊的生态适应对策以深入了解2种狗尾草属一年生植物的生态适应机制,为新疆伊犁霍城县四爪陆龟保护区及周边绿洲生态环境管理、合理开发利用狗尾草属植物资源提供科学理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

研究地点位于新疆伊犁霍城县四爪陆龟保护区(44°06'N—44°18'N, 80°48'E—81°58'E)周边可灌溉农耕区(海拔650~1100 m)。该地区属于温带半干旱气候,无霜期165 d,年均气温9.1℃,年均降水219 mm。保护区与周边绿洲交错带主要以人工种植杨属(*Populus*)、榆属(*Ulmus*)树种为主,林下植被以角果毛茛(*Ceratocephalus testiculatus*)、苦豆子(*Sophora aolpecuroides*)单优种群为主,常以斑块状镶嵌于林地中;保护区植被主要由角果毛茛、囊果苔草(*Carex physodes*)、毛穗旱麦草(*Eremopyrum dis-*

tans)、苦豆子和蒿(*Artemisia* sp.)植物组成(贾风勤等, 2011a, 2011b)。灌溉农耕区农作物以玉米、水稻、小麦为主,休耕当年裸地则多以狗尾草和金色狗尾草形成的优势群落所占据,在采样地4—5月出苗,6—9月为花果期,伴生种则以荠菜(*Capsella buras-pastoris*)、圆叶锦葵(*Malva rotundifolia*)、田旋花(*Convolvulus arvensis*)和灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)等。

1.2 研究方法

2012年8月16—20日,于狗尾草和金色狗尾草籽实成熟期,在两者形成的优势群落休耕农田中选择籽粒尚未脱落或极少脱落的生殖分株做广泛取样。取样时,对每个生殖分株先齐穗颈处将穗剪下单独置于纸袋中(防止籽粒损失),同时将剩余部分将齐地剪下并进行编号(来自同一生殖株的各部分编号相同),每种各取100个,注意保持各分株的完整性。在实验室内,分别从每个植物种的100个生殖分株中随机抽取60株,共计120株。测定每个生殖分株的株高(穗长+茎长),并将叶、鞘、茎、穗各组分分置,在烘箱内75℃烘干至恒重后进行称重。

1.3 数据处理

采用Excel软件进行全部数据处理。对所测定的两种狗尾草属植物的各功能性状数量指标进行统计分析,用最大值和最小值反映观测样本的实际大小范围,平均数代表样本各性状的整体水平,标准差反映样本的绝对变异度,变异系数反映样本的相对变异度。采用单因素方差分析(one-way ANOVA)比较生物量及其分配在种间的差异。生物量分配的数量指标计算公式分别为:

$$\text{生殖分配}(RA) = (\text{穗生物量} / \text{总生物量}) \times 100\%$$

$$\text{生产分配}(PA) = (\text{叶生物量} / \text{总生物量}) \times 100\%$$

$$\text{茎生物量分配}(SA) = (\text{茎生物量} / \text{总生物量}) \times 100\%$$

$$\text{鞘生物量分配}(SHA) = (\text{鞘生物量} / \text{总生物量}) \times 100\%$$

对营养组分数性状与株高和总生物量间定量关系均采用幂函数 $y = ax^b$ 进行异速生长关系描述,式中, a 为标准化的常数, b 为异速指数。

2 结果与分析

2.1 生殖分株组分数性状的比较

狗尾草属2物种种内生殖分株中,绝对数量特征除分株高外,其他数量性状的变异系数均超过

表 1 狗尾草和金色狗尾草种群生殖分株的数量特征
Table 1 Quantitative characters in reproductive ramets of *Setaria viridis* and *Setaria glauca*

性状	植物种	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数 (%)
株高 (cm)	狗尾草	112.00	29.00	75.20 b	15.67	20.84
	金色狗尾草	120.00	52.00	86.90 a	16.45	18.93
穗生物量(g)	狗尾草	1.27	0.04	0.30 a	0.20	66.67
	金色狗尾草	0.71	0.02	0.29 a	0.16	55.17
茎生物量(g)	狗尾草	2.29	0.10	0.63 a	0.39	61.90
	金色狗尾草	1.82	0.11	0.5 8a	0.36	62.07
叶生物量(g)	狗尾草	1.10	0.04	0.30 a	0.19	63.33
	金色狗尾草	1.00	0.04	0.26 a	0.20	76.92
鞘生物量(g)	狗尾草	0.63	0.02	0.20 a	0.13	65.00
	金色狗尾草	0.74	0.02	0.24 a	0.17	70.83
总生物量(g)	狗尾草	4.68	0.20	1.43 a	0.86	60.14
	金色狗尾草	3.60	0.29	1.37 a	0.83	60.58

小写字母反映差异显著性在 $P<0.05$ 水平上。

50%。其中,狗尾草中变异系数最大为穗生物量达 66.67%,最小的为株高仅为 20.84%;金色狗尾草则分别为叶生物量(76.92%)和株高(18.03%)(表 1)。表明狗尾草属 2 物种种群内生殖分株在生长过程中,生物量在茎、叶、鞘和穗中的分配情况具有相对较大的生态可塑性。在种间,仅株高差异达显著水平,其他数量特征差异均不显著,表明同属不同种植物生殖分株在各组分生物量分配中未呈现特殊的生长策略。

植物在整个生长发育阶段中,生长、繁殖和维持等各种功能对有限资源始终存在如何协调分配的问题。植株不同部位的生物量分配是不均匀的,地上

组分茎、叶、鞘等生物量通常可占全部生物量的 70% 左右(Houghton *et al.*, 2001)。叶片通过光合作用固定能量,可称其为生产器官或同化器官;鞘和茎则为非同化器官。经统计分析,相对数量特征中,2 物种种内变异系数以茎生物量分配为最小,仅为 11.11% 和 12.47%,各性状变异系数总体上为金色狗尾草高于狗尾草。狗尾草和金色狗尾草生殖分株中生殖分配和茎生物量分配无显著差异,而生产分配和鞘生物量分配差异显著(表 2)。

狗尾草属 2 物种种群生殖分株中同一性状生物量分配变异系数相接近,也表现出同一性状特征的生殖分株在种间呈平行的生态可塑性;但叶和鞘的生物量分配在种间存有显著差异,表明生物量分配在种间受遗传因子和随机环境因子影响明显不同。

2.2 生殖分株营养组分生物量与株高和总生物量的关系

植物种群的数量结构动态是种群生态学的核心问题,而生物量结构动态又是数量结构动态的主要内容。统计分析发现,狗尾草属 2 物种生殖分株营养组分(茎、叶和鞘)生物量随株高的增加而呈幂函数形式增长,表现出规律性变化(图 1)。从表 3 的拟合方程参数 b 值可以看出,随生殖分株高度增加,金色狗尾草生殖分株上营养组分生物量增加速率均明显高于狗尾草,其中又以鞘生物量最大,参数 $b_{Setaria glauca}=3.0401$ 比 $b_{Setaria viridis}=2.1051$ 高 69.24%。同样,2 种狗尾草生殖分株营养组分生物量均随生

表 2 狗尾草和金色狗尾草种群生殖分株相对数量特征
Table 2 Relative quantitative characters in reproductive ramets of *Setaria viridis* and *Setaria Glauca*

种名	生殖分配		生产分配		茎生物量分配		鞘生物量分配	
	M±SD	CV	M±SD	CV	M±SD	CV	M±SD	CV
狗尾草	21.60aA±4.679	21.66	20.23aA±4.595	22.70	44.06aA±4.893	11.11	14.11bB±3.012	21.36
金色狗尾草	22.22aA±5.252	23.63	17.92bB±4.753	26.52	42.64 A±5.319	12.47	17.22 A±3.931	22.83

小写字母反映差异显著性在 $P<0.05$ 水平上,大写字母反映差异显著性在 $P<0.01$ 水平上。

表 3 狗尾草属 2 物种种群生殖分株组分生物量(y)与株高和总生物量(x)间异速生长拟合方程
Table 3 Allometry fitting equation between constituent biomass (y) and height or total biomass (x) of reproductive ramets on two *Setaria* species populations

植物种	组分生物量 (g)	株高 (cm)			总生物量(g)		
		x			y		
		a	b	R^2	a	b	R^2
狗尾草	茎生物量 (g)	5.00×10^{-5}	2.1790	0.7105	0.4424	0.9739	0.9686
	叶生物量 (g)	1.00×10^{-5}	2.3091	0.5458	0.1919	1.1282	0.8889
	鞘生物量 (g)	2.00×10^{-5}	2.1051	0.5518	0.1373	1.0278	0.9003
金色狗尾草	茎生物量 (g)	2.00×10^{-6}	2.8447	0.8130	0.4245	0.9782	0.9570
	叶生物量 (g)	5.00×10^{-7}	2.9128	0.6208	0.171	1.0905	0.8663
	鞘生物量 (g)	3.00×10^{-7}	3.0401	0.6323	0.1638	1.1358	0.8787

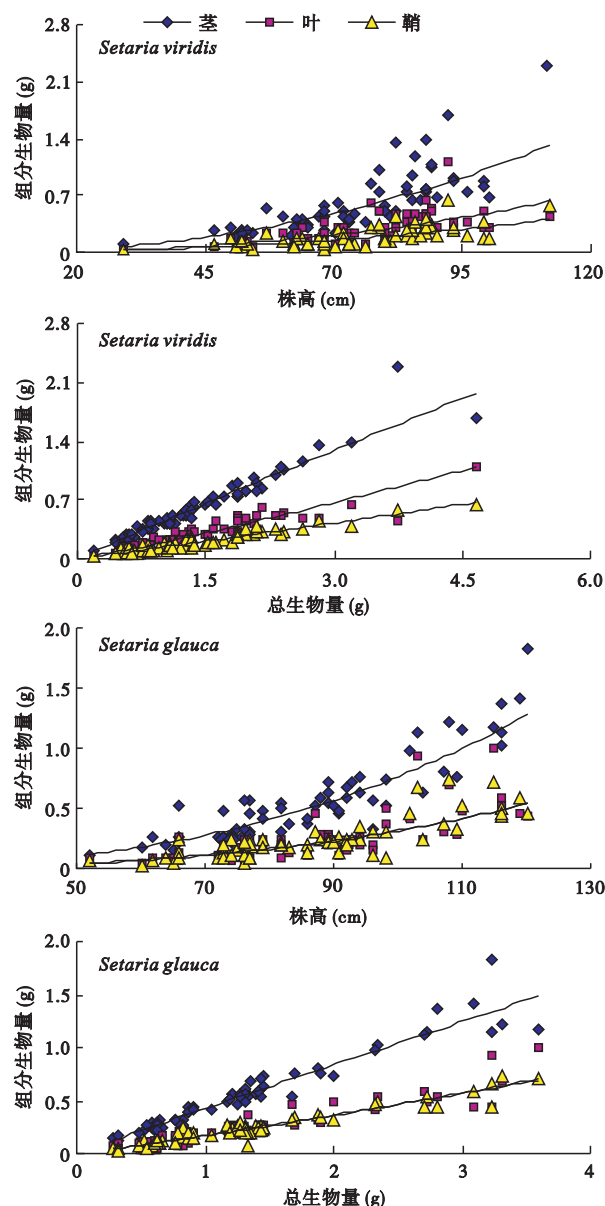


图1 狗尾草和金色狗尾草种群生殖分株组分生物量与株高和总生物量间异速生长关系

Fig.1 Allometry relationships between constituent biomass and height and total biomass of reproductive ramets on *Setaria viridis* and *Setaria glauca*

殖分株生物量增加而呈幂函数形式增长。从拟合的方程可以看出,其全部拟合方程的 b 值介于之间0.9739~1.1358,表明这种增长关系呈现出向线性匀速增长发展的趋势,也进一步表明营养组分生物量随分株生物量变化而变化的幅度趋于平缓。

进一步统计分析,狗尾草属2物种生殖分株营养组分生物量与株高间幂函数异速增长方程显示(表3),在种内,狗尾草全体拟合方程的确定系数 R^2 值在0.545~0.710,金色狗尾草的 R^2 值在0.620

~0.813,表明在种间水平上,狗尾草和金色狗尾草生殖分株生长存在差异。2物种种群营养组分生物量与总生物量间拟合方程的确定系数 R^2 的最小值为0.866,最大值为0.968,表明拟合方程很好地反映了实际观察值间相互关系,同时也反映出狗尾草属两物种种群内生殖分株营养组分生物量积累具有更稳定的异速生长规律。

3 讨论

如果用变异系数来衡量种群内和种群间生殖分株数量特征对随机环境因子如水分、光照及个体间相互作用和物种遗传性作用间的反映即生态可塑性(李仲芳和王刚,2001;杨允菲和李建东,2003),则狗尾草和金色狗尾草绝对数量特征中除分株高之外的其他所有性状表现为种群间生态可塑性小于种群内,穗、茎、叶、鞘的生物量和总生物量在种群间的变异系数分别为2.39%、5.84%、10.1%、12.8%和0.39%,说明种群生境内的条件是种群水平生殖分株各组分生物量的主要影响因素,而种间的遗传因子居于次要地位。在分株高和叶生物量数量性状间,种群内生殖分株高的变异系数远远低于叶生物量,但种群间却表现出相同的变异情况,分别10.20%和10.10%,反映出这2个性状在种群间表现出相同或平行的生态可塑性。

狗尾草属植物生殖分株不同组分生物量与株高异速生长关系揭示出在统计意义上的同一时刻不同株高植株的个体生物量在各组分中的分布具有相同规律,其中生物量与株高的异速生长指数 b 值是对生物量空间分布的表征, b 值越大表明生物量在空间积累越多(韩文轩和方精云,2008;宋聪等,2012;陶冶等,2012)。金色狗尾草生殖分株营养组分生物量与株高间异速生长 b 值高于狗尾草,表明金色狗尾草生殖分株组分生物量积累在同一时刻要高于狗尾草。同理,组分生物量与总生物量关系中的 b 值包含同样含义,但通过种间营养组分生物量与总生物量异速生长分析发现,同一组分的 b 值非常接近,这在一定程度上反映出除株高外,生殖分株异速生长还可能受营养分株数量及其生物量、自身生物遗传属性等多种因素影响,导致种间生殖分株不同组分生物量积累相差很小。研究表明,植物生物量配比生长与其存在环境和生育时期间也存在显著异速增长规律,因此不同生境和季节内2种狗尾草异速生长规律有待进一步开展。

如果把植物组分间异速生长规律看作是由遗传因子控制的,用拟合方程的确定系数 R^2 来估计,随机环境影响用 $1-R^2$ 来估计(杨允菲和李建东, 2003),在狗尾草和金色狗尾草种群生殖分株组分生物量与株高的异速生长中,狗尾草有 54.58% ~ 71.05% 是受遗传因子控制的,金色狗尾草则增加至 62.08% ~ 81.30%;与总生物量的异速生长中,2 物种受遗传因子的控制更为明显,分别高达 88.89% ~ 96.86% 和 86.63% ~ 95.70%,表明组分生物量与总生物量间变化的控制将会更多地来自遗传因子,而与株高间的变化则表现为来自随机环境影响。

4 结 论

狗尾草属 2 物种均通过种群生殖分株诸数量特征的较大变异以适应休耕裸地高温、干旱的恶劣环境和适宜生长繁殖的微生境。生产分配及鞘生物量分配在 2 物种种群间存在显著差异进一步验证了自然状态下狗尾草倾向于将更多生物量投入到产生更多的分蘖株,而金色狗尾草则以减少分蘖以形成高大结实的植株,从而保证 2 物种能够在同一环境中形成共优势种群。在 2 物种种内和种间,生长和物质分配的异速生长规律集中体现了随机环境因子和遗传因子与植物生长调控和物质分配策略间的协调策略。这对休耕地或其他裸地植被恢复及四爪陆龟保护区周边环境保护及维持具有一定意义。

参考文献

- 白昌军,虞道耿,陈志权,等. 2012. 桉树人工林间作禾本科牧草适应性筛选与评价. 热带植物学报, **33**(9): 1548-1553.
- 韩文轩,方精云. 2008. 幂指数异速生长机制模型综述. 植物生态学报, **32**(4): 951-960.
- 贾风勤,金希堂,李紫薇,等. 2011a. 不同生境囊果苔草种群分蘖株的数量特征. 西北农林科技大学学报(自然科学版), **39**(4): 205-210.
- 贾风勤,李紫薇,金希堂,等. 2011b. 新疆四爪陆龟保护区植物组成及其结构分析. 干旱区研究, **28**(6): 1020-1024.
- 李善林,韩烈保. 2000. 干旱和高温条件下狗尾草对三种草坪草生长的影响. 北京林业大学学报, **22**(2): 34-37.
- 李仲芳,王 刚. 2002. 种内竞争对一年生植物高生长与生物量关系的影响. 兰州大学学报(自然科学版), **38**(2): 141-146.
- 孟祥楠,赵雨森,郑 磊,等. 2012. 嫩江沙地不同年龄樟子松人工林种群结构与林下物种多样性动态. 应用生态学报, **23**(9): 2332-2338.
- 全杜鹏,魏 岩,周晓青,等. 2012. 角果藜的生长动态及其生殖配置. 生态学报, **32**(11): 3352-3358.
- 宋 聪,曾凡江,刘 波,等. 2012. 不同水分条件对头状沙拐枣幼苗形态特征及生物量的影响. 生态学杂志, **31**(9): 2225-2233.
- 苏智先,张素兰,钟章成. 1998. 植物生殖生态学研究进展. 生态学杂志, **17**(1): 39-46.
- 苏智先,钟章成. 1991. 缙云山慈竹种群生物量结构研究. 植物生态与地植物学学报, **15**(3): 240-252.
- 陶 冶,张元明,全永威,等. 2012. 准噶尔荒漠小山蒜的形态与生物量特征及其相互关系. 中国沙漠, **32**(5): 1328-1334.
- 杨允菲,李建东. 2003. 松嫩平原不同生境芦苇种群分株的生物量分配与生长分析. 应用生物学报, **14**(1): 30-34.
- Andrén O, Paustian K. 1987. Barley straw decomposition in the field: A comparison of models. *Ecology*, **68**: 1190-1200.
- Dawson JH, Bruns VF. 1962. Emergence of barnyardgrass, green foxtail and yellow foxtail seedling from various soil depths. *Weeds*, **10**: 136-139.
- Friesen G, Shebeski LH. 1960. Economic losses caused by weed competition in Manitoba grain fields. I. Weed species, their relative abundance and their effect on crop yield. *Canadian Journal of Plant Science*, **40**: 457-467.
- Houghton RA, Lawrence KE, Hackler JL, et al. 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: A comparison of estimates. *Global Change Biology*, **7**: 731-746.
- Kegode GO, Forcella F, Durgan BR. 1999. Limiting green and yellow foxtail (*Setaria viridis* and *S. glauca*) seed production following spring wheat (*Triticum aestivum*) harvest. *Weed Technology*, **13**: 43-47.
- Norris RF, Schoner CA. 1980. Yellow foxtail (*Setaria lutescens*) biotype studies: Dormancy and germination. *Weed Science*, **28**: 159-163.
- Taylorson RB, Brown MM. 1977. Accelerated after-ripening for overcoming seed dormancy in grass weeds. *Weed Science*, **25**: 473-476.
- Wang RL, Dekker J. 1995. Weedy adaptation in *Setaria* spp. III. Variation in herbicide resistance in *Setaria* spp. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **51**: 99-116.

作者简介 贾风勤,女,1973年生,硕士,副教授,主要从事植物学教学及种群生态方面研究。E-mail: jfqanan@sina.com

责任编辑 王 伟