

宽叶雀稗群落生物量和生长规律的研究

胡宏友^{1,2}, 林 鹏², 杨志伟²

(1. 福建省亚热带植物研究所, 福建 厦门 361006; 2. 厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361012)

摘 要: 禾本科多年生牧草宽叶雀稗适宜在福建南亚热带丘陵酸性赤红壤上生长, 人工种植的宽叶雀稗群落鲜草产量峰值在 8 月份, 为 $4\ 050\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, 生物量峰值 (干重) 则出现在 9 月份, 其中地上部 $1\ 398.8\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 、地下部 $770.8\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。群落全年生长呈周期性变化, 生物量波动符合 Logistic 曲线: $y = 1634.46 / (1 + e^{2.67976 - 1.30369 \times 10^{-2}t})$ 。根据 9 月份最高现存量估计, 其年净第一性生产力为 $2\ 169.6\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。群落生长分 4 个阶段: 缓慢增长 (2~4 月)、加速增长 (5~6 月)、减速增长 (7~9 月)、生长停滞和下降 (10~12 月)。降雨量是影响生物量的重要因素, 二者呈显著线性正相关, 相关系数为 0.978 3, 回归方程为 $y = -74.3779 + 0.9480x$ 。

关键词: 宽叶雀稗; 生物量; 生长分析

中图分类号: S 543

文献标识码: A

Biomass and growth analysis of *Paspalum wettsteinii* community in South Fujian, China

HU Hong-you^{1,2}, LIN Peng², YANG Zhi-wei²

(1. Fujian Institute of Subtropical Botany, Xiamen, Fujian 361006, China;

2. Life-science College of Amoy University, Xiamen, Fujian 361012, China)

Abstract: *Paspalum wettsteinii* Hackel, a kind of perennial herbage of Graminaea, was proved to get good adaptation to hilly crimson soil in the southern part of subtropical zone in Fujian Province. Its growth curve fluctuated periodically within a year. The biomass value of above-ground part of the community reached to its highest point, $1\ 398.8\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ in August, 1994; the under-ground part $770.8\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ in September. Biomass of the community fluctuated in accordance with the logistic curve: $y = 1634.46 / (1 + e^{2.67976 - 1.30369 \times 10^{-2}t})$. The highest value of the community's fresh weights measured monthly was $4\ 050\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ (Aug. 1994). Estimated by Peak Standing Crop in Sept. 1994, the annual NPP of the community was $2\ 169.6\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. Through a growth analysis, the above ground part biomass of the community changes with four stages: slow increasing (Feb. - Apr.); acceleration increasing (May-June); deceleration increasing (July-Sept.); stagnation and descent (Oct. - Dec.). Of all the factors that affect the biomass value, the rainfall was an important one. Their regression equation was $y = -74.3779 + 0.9480x$, and the relation coefficient (r) was 0.9783.

Key words: *Paspalum wettsteinii* Hackel; Biomass; Growth analysis

我国南方气候条件优越, 约有 $4.67 \times 10^7\ \text{hm}^2$ 的草山草坡待开发, 发展人工草场潜力很大。近年我国南方 13 省区建立的人工草场面积已达 $1.30 \times 10^6\ \text{hm}^2$, 确立了南方畜牧业发展的可行性和高效性^[1]。选择适合南方丘陵山地生长的优质高产的牧草品种, 探索科学的集约化生产方式, 成为推动南方人工草场建设的关键。禾本科雀稗属牧草宽叶雀稗 (*Paspalum wettsteinii* Hackel) 的适口性好, 营养丰富, 再生力、分蘖力和耐牧性强, 是建立放牧

型人工草地的优良牧草, 并已发展为南方牧草的当家品种之一^[2,3]。本文报道了对闽南丘陵人工草地宽叶雀稗群落的生物量及生长动态的研究结果。

1 样地概况

样地位于福建省华安县丰山镇, 属南亚热带季风气候类型, 海拔 150 m, 多为丘陵坡地, 土壤为酸性赤红壤, 理化特性见表 1。

收稿日期: 2002-01-23

作者简介: 胡宏友 (1968-), 男, 助理研究员, 在读博士, 主要从事植物生态及植物资源引种驯化等方面的研究。

表1 样地土壤的理化特性

Table 1 Physical and chemical properties of the soil in sample fields

土层深度 (cm)	土壤 pH	土壤容重 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	灼失量 ^① (%)	N ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	P ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	K ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	Ca ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	Mg ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)
0~20	5.1	1.05	10	1.68	2.06	7.14	1.18	2.69
20~40	5.0	1.19	9	1.90	2.33	8.09	1.33	3.05
40~60	5.0	1.32	10	2.11	2.59	8.98	1.48	3.34

注: ①灼失量为烘干的土壤经 450℃ 灼烧 4 h 后的失重率。

根据漳州气象台提供的资料, 该地区历年年均温变化范围为 19~22℃, 日照时数 1 800 h, 总辐射量 $4.91 \times 10^6 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 年降水量 1 538.5 mm。采样年(1994年)各气象因子逐月变化的趋势略有不同, 其中月均温峰值在 7 月份, 为 28.7℃; 谷值在 1 月份, 为 13.7℃, 均高于历年相应值; 降雨量集中在 4~8 月份, 占全年降雨量的 71%, 而历年同期值仅占全年的 66.3%。可见, 1994 年同期降雨量更为集中。采样年(1994年)与历年气象因子比较见图 1。

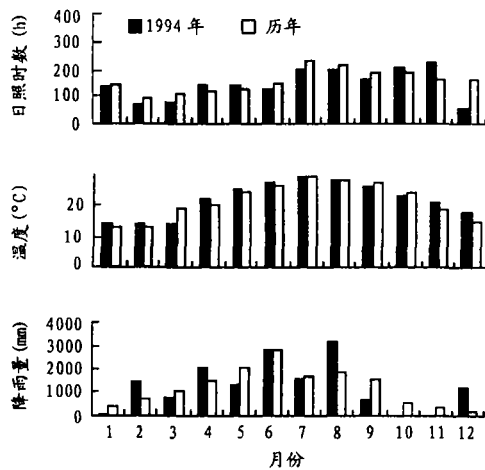


图1 采样年(1994年)和历年样地气象因子的比较

Fig. 1 Comparison of the values of meteorological factors in 1994 with past years

2 材料与方法

样地宽叶雀稗于 1993 年 3 月中旬撒播, 播种量 $450 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 除整地及牧草生长初期样地须人工及时除杂草外, 不作其它处理, 自然生长。10 月中旬作第 1 次采样, 翌年 3 月开始周年逐月采样(至 1995 年 3 月)。根据收获法测定鲜重和生物量(1 m × 1 m 样方, 2 个重复, 分为根、活秆、枯秆、活叶、枯叶、花、果 7 个组分, 称干重), 据生长分析法分

析周年生长规律, 应用 Graphtool (V2.0) 软件进行数据拟合; 土壤氮用凯氏定氮法; 土壤磷用磷钼蓝染色法; 钾、钙、镁用原子吸收光谱法^[4]。

3 结果与讨论

3.1 人工草地宽叶雀稗鲜草产量动态

1994 年 3 月播种的宽叶雀稗至秋季形成郁闭的群落, 覆盖度达 95% 以上, 株平均高度 0.72 m, 草层高 0.45 m, 鲜草产量为 $2 085 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。周年测定表明: 3~8 月份宽叶雀稗的鲜草产量的增长较快, 8 月份达到全年峰值, 为 $4 050 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (图 2)。各组份解析表明: 1994 年 5~6 月份的降雨量较高, 群落生长旺盛, 至 7 月份, 叶片鲜重达全年的峰值, $463.9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 活秆鲜重峰值在 9 月份, 为 $619.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 比叶片滞后 60 d。根据观察, 宽叶雀稗在福建漳州的花期为 8 月下旬(图 2), 在广西南宁则为 7 月上旬^[5], 前者比后者物候期推迟约 45 d。测定鲜草产量对合理、高效利用有一定参考价值。但鲜重测定受降雨等因素的影响较大(图 1, 图 2), 一般以生物量较为准确。

3.2 人工草场宽叶雀稗群落各组分生物量动态

宽叶雀稗群落地上部生物量峰值出现在 9 月份, 达 $1 398.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 全年变化呈单峰曲线(图 2, 表 2)。高于我国北方天然草地和草原^[6~8], 是内蒙古科尔沁线叶菊草地的 7 倍多^[9]; 为中科院内蒙古草原生态系统定位站大针茅草原的 2.97 倍^[10]。可见, 南方丰富的水热资源为发展人工草地提供了优越的条件。该值亦高于福建北部的宽叶雀稗草地生物量 ($11 072 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)^[11], 表明宽叶雀稗更适合在亚热带南部生长。

宽叶雀稗群落各功能器官生物量变化曲线有较大不同(表 2)。活叶生物量峰值出现在 7 月下旬, 达 $463.98 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 至 9 月份(进入生殖生长期)开始大幅下降, 反映了群落光合功能的下降。活秆生物

量峰值期在 9 月下旬, 比活叶滞后 30 d, 达 $619.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。枯叶、枯秆在 9~11 月迅速增加(表 2)。宽叶雀稗根系较浅, 大量分布在 0~20 cm 表土层。其生物量季节动态呈“ \wedge ”型, 峰值期出现在夏末秋初, 为 $770.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (表 2)。而邢福等人研究表明^[9]: 内蒙东部线叶菊根系生物量呈“ \vee ”型曲线,

峰值在早春和秋末, 这说明不同的草地根系发育具有不同的特点。

宽叶雀稗根系与地上部生物量的比值, 以春夏两季营养生长旺盛期较高(0.67~0.91), 进入生长期后开始下降。介于 Stanton 所列举的热带与温带草地根茎比值变化范围^[12]。

表 2 福建华安丰山人工草地宽叶雀稗群落各组分生物量逐月变化

Table 2 Biomass of each fraction of *P. wettsteinii* community in grassland in Huaan, Fujian

(单位: $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)

采样时间	活叶	活秆	枯叶	枯秆	花	果梗	果	地上部合计	根 (地下部/地上部)	总计
1993, 5/10	119.6	325.2	247.9		57.5		49.7	800.0		
1994, 26/3	60.1	39.1	80.8	23.4	0	0	0	203.4	136.9(0.67)	340.3
27/4	99.2	51.8	103.2	30.2	0	0	0	284.4		
26/5	153.5	102.6	164.3	57.3	0	0	0	477.7		
22/6	236.8	126.4	280.9	5.0	0	0	0	649.1	592.3(0.91)	1241.1
24/7	463.9	206.6	326.9	0	0	0	0	997.4		
24/8	454.7	361.3	353.3	0	0	0	0	1169.3		
27/9	161.5	619.5	536.2	60.2	21.4	0	0	1398.8	770.8(0.55)	2169.6
27/10	121.6	528.8	488.6	100.0	0	47.9	19.8	1306.7		
24/11	96.2	471.1	629.0	49.2	0	43.5	21.8	1310.8		
29/12	93.8	267.5	596.8	248.0	0	0	0	1206.1	393.4(0.33)	1499.5
1995, 27/3	149.8	90.0	195.8	293.5	0	0	0	729.1		

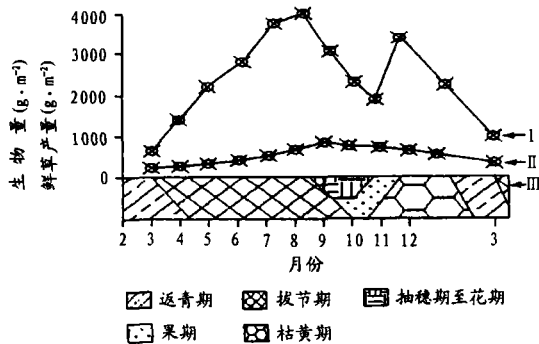


图 2 宽叶雀稗群落地上部鲜草产量 (I)、生物量 (I) 及物候 (II) 谱图

Fig. 2 Biomass (I), fresh weight (I) and phenological map (II) of *P. wettsteinii* community in Huaan, Fujian Province

根据最高现存量 (Peak Standing Crop) 估算人工宽叶雀稗生产力^[9], 该群落年总第一性生产力约 $2169.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。与天然草地和草原相比要高出许多。是温带草甸 ($50 \sim 1400 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 最

高值的 1.5 倍多, 约为热带稀树草原 ($530 \sim 870 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 最高值的 2.5 倍。可见, 人工宽叶雀稗群落在固定光能、积累同化物上, 比许多典型天然草原具有更大的优越性。

3.3 群落地上部生物量和降雨量的关系

影响群落生物量累积的因素很多, 其中降雨量是重要的原因之一。1994 年雨量变化趋势(图 1)与群落生长节律基本一致, 二者存在一定的相关关系。经对测定数据与雨量分布的相关分析, 得出如下回归方程:

$$y = -74.3779 + 0.9480x$$

式中, y 为逐月现存生物量 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$), x 为逐月降雨累积量 (mm)。

二者的相关系数 $r = 0.9783$ (t 检测达到极显著水平)。

林智贵等人研究证实^[3]: 尽管宽叶雀稗抗旱耐瘠, 但水湿条件好, 其生长迅速, 而且产草量随着降雨量增加而增加。本研究进一步量化了这一结论。此外, 该结果也与邢福等对线叶菊草地研究结果一

致^[9]。

3.4 群落的生长分析

采用绝对生长速度 (AGR: 单位面积每天绝对干重的增重量) 和相对生长速度 (RGR: 单位生长时间内单位质量的有机体同化产物累积速率) 来分析群落的生长, 计算公式为:

$$AGR = (G_{i+1} - G_i) / (t_{i+1} - t_i);$$

$$RGR = (\ln W_{i+1} - \ln W_i) / (t_{i+1} - t_i)$$

其中, G_i 为 t_i 时刻的样地现存生物量; W_i 为 t_i 时刻的现存生物量; \ln 为自然对数。

生长分析表明 (图 3、图 4): 活叶的 AGR 和 RGR 值的变化表现出相似的规律, 至 7 月均达最高

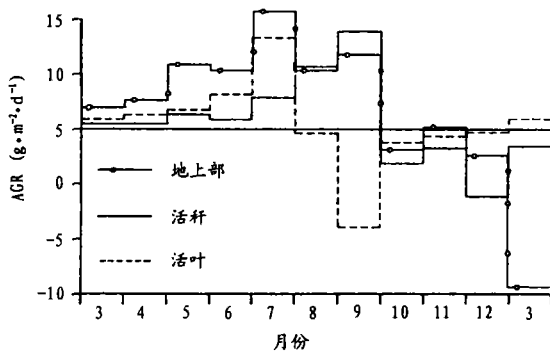


图 3 宽叶雀稗群落地上部、活叶、活秆的 AGR 年动态
Fig. 3 Annual dynamic values of AGR of above ground part (AP), fresh leaves (FL) and fresh stems (FS) of *P. wetsteinii* community

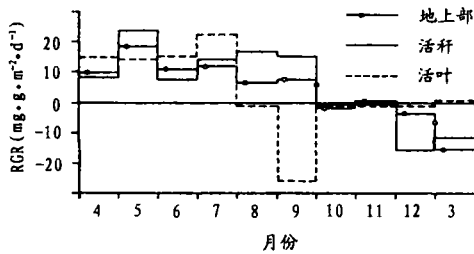


图 4 宽叶雀稗群落地上部、活叶、活秆的 RGR 年动态
Fig. 4 Annual dynamic values of RGR of *P. wetsteinii* community (AP; above ground part; FL; fresh leaves; FS; fresh stems)

值 ($7.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $21.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$), 8 月出现负增长, 9 月达最低值。不同的是, 1~7 月 AGR 明显递增, 而 RGR 则维持较高值, 反映了叶片作为主要的同化器官在营养生长期旺盛的生理活动。活秆 AGR 在 1~9 月呈递增态势, 最高值为 ($7.59 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$), 10 月出现负增长, RGR 则于 5 月份

达到最高值 ($23.7 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), 7~9 月维持较高的水平。

群落地上部的 AGR 在 5~9 月份维持较高的水平, 峰值出现在 7 月份, 为 $10.88 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。RGR 峰值则在 5 月份 ($17.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), 其后呈下降趋势。李月树等人测定吉林长岭马场羊草种群 RGR 在抽穗前 (5 月中下旬) 最大^[5], 与宽叶雀稗群落在营养生长初期出现 RGR 峰值结果不同, 可见植株单位物质净同化效率不仅与种质资源有关, 也受立地条件的影响。

根据群落地上部的 AGR 值, 可将宽叶雀稗群落生物量的表观增长划分为 4 个阶段: ①缓慢增长阶段 (2~4 月): 该阶段雨量少, 太阳辐射总量累积仅 $23.49 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 属全年最低值。样地草高 0.5 m 左右, 群落地上部 AGR 值为 $2.39 \sim 2.53 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 季相青褐色。②加速增长阶段 (5~7 月): 该阶段雨量、积温增长较快, 达全年最高值, 活叶大量生长, 群落地上部 AGR 值 $6.35 \sim 10.88 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 出现全年峰值。草高 1 m 左右, 季相鲜绿。③减速增长阶段 (8~9 月): 该阶段为营养生长向生殖生长转变的过程, 群落鲜草产量与生物量均出现全年最高值, 但活体生物量明显下降, 植物转向生殖生长, 群落地上部 AGR 值 $5.54 \sim 6.75 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 峰值比上一阶段下降了 38%。④增长停滞及下降阶段 (10~12 月): 该阶段由果期转向果后营养期。生物量略呈下降趋势, 群落地上部 AGR 值 $0.14 \sim -3.14 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 出现负增长, 可能因枯叶分解和呼吸消耗所致。

3.5 群落地上部生物量动态的拟合

禾草类不同种类也可适合不同生长模型, 李月树等认为羊草种群增长率符合 Comperz 曲线^[6], 但据宽叶雀稗生物量数据动态结果, 较符合 Logistic 模型:

$$\text{拟合的方程为: } y = \frac{k}{1 + e^{(-a-bt)}}$$

式中, y 为现存生物量, k 为全年生物量理论最高值 (环境容量), 采用三合值法求得^[4,6]。

拟合结果为:

$$y = \frac{1634.46}{1 + e^{(2.67976 - 1.030369 \times 10^{-2}t)}}$$

方程经 F 检验达到显著水平。可见, 宽叶雀稗种群生长动态表现为 Logistic 曲线增长。与刑福等对内蒙古东部线叶菊草地生物量拟合结果类似^[9]。

综上所述,牧草的生长曲线反映的是在非人为干扰状态下牧草群落的周期性生长的特征,与牧草品种及其生理特性、群落组成密切相关。不同的牧草群落生长特点不同,生长模型也存在差异。而草地的产草量除与上述因素有关外,更受环境生态因子的影响,如土壤肥料、降水量和耕作方式等^[13]。本研究结果表明,自然生长状况下的宽叶雀稗群落产草量与降雨量呈明显的正相关。可见,在进行产草量估测时,必须以相应的产量估测模型为基础,而进行产草量生态因子的拟合就是一个重要的建模手段,同时在选择拟合因子时,降水量是一个必须考虑的重要生态因子。

参考文献:

- [1] 张新时,李博. 南方草地资源开发利用对策研究 [J]. 自然资源学报, 1998, 13 (1): 1-7.
- [2] 林洁荣,苏水金,刘建昌. 优良当家牧草品种的适口性测定 [J]. 福建畜牧兽医, 1998 (6): 1-2.
- [3] 林智贵,苏水金,林洁荣. 雀稗属三种牧草品种比较试验初报 [J]. 福建农业科技, 1990 (6): 19-21.
- [4] Chapman S D, Barbarber K E, Goldsmith F B, *et al.* 植物生态学的方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1980. 62-111.
- [5] 中国饲用植物志编写组. 中国饲用植物志 [M]. 北京: 农业出版社, 1985. 96-191.
- [6] 李月树,祝廷成. 羊草种群地上部生物量形成规律的探讨 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1983, 7 (4): 289-297.
- [7] 田玉梅,张义科,张洪达,等. 太行山草地建群种远东羊茅地上部生物量动态研究 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17 (1): 61-70.
- [8] 祖元刚. 能量生态学引论 [M]. 长春: 吉林科学出版社, 1985. 9 (4): 245-257.
- [9] 邢福,祝廷成. 内蒙古东部线叶菊草地生物量与净第一生产力的初步研究 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 6 (2): 150-155.
- [10] 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站. 草原生态系统研究 (第一集) [C]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [11] 朱连奇,朱鹤健. 福建省山区草地生态系统持续发展研究 [M]. 北京: 中国环境出版社, 1999. 53.
- [12] Stanton N L. The underground in grassland [J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 1988, 19: 573-589.
- [13] 李博,孙鸿良. 论草原的生产力及其挖掘途径 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1983.