

野生扁穗牛鞭草无性系构件组成及生物量结构变异性

刘金平¹, 张新全^{1,*}, 游明鸿², 陈永霞¹, 王 讯¹

(1. 四川农业大学草业科学系, 四川雅安 625014; 2. 四川省草原研究所, 四川成都 611731)

摘要:对 60 份野生扁穗牛鞭草的无性系种群构件数量、质量性状及生物量结构进行比较分析, 结果说明: 不同种群构件性状与数量呈现出变异性, 叶长、叶宽、单蘖叶片数、无性系叶片数的变异系数分别为 24.95 %、20.00 %、14.12 %、43.56 %; 茎直径、节直径、节间长、单蘖节数、直立茎长度、匍匐茎长度、直立茎数、匍匐茎数的变异系数分别为 21.11 %、22.42 %、20.10 %、12.14 %、46.73 %、20.14 %、72.76 %、37.97 %; 根系深度、根系分布范围、分蘖面积的变异系数分别为 19.81 %、37.65 %、33.68 %; 花序长、花序宽、花序厚、单蘖花序数、直立茎生殖蘖比例、匍匐茎生殖蘖比例的变异系数分别为 13.33 %、13.42 %、14.80 %、36.10 %、118.96 %、81.44 %。不同种群构件生物量结构变异性丰富, 叶生物量、茎生物量、根生物量、花序生物量变异系数分别为 78.51 %、91.66 %、45.64 %、192.24 %; 构件的数量差异高于性状差异, 无性系种群差异主要体现在分蘖能力与空间拓展能力上。野生资源生态型变异性和对环境的适应性, 为优异性状选择、品种选育、资源开发利用提供了丰富的物质基础。

关键词:扁穗牛鞭草; 野生资源; 构件; 生物量; 变异性

文章编号: 1000-0933(2006)11-3656-05 中图分类号: S812.4 文献标识码: A

Diversity of population component and biomass structure for cloned *Hemarthria compressa*

LIU Jin-Ping¹, ZHANG Xin-Quan^{1,*}, YOU Ming-Hong², CHEN Yong-Xia¹, WANG Xun¹ (1. Department of Grassland, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China; 2. Sichuan Institute of Grassland, Chengdu 611731, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3656 ~ 3660.

Abstract: The objectives of this study are to determine the quantitative, qualitative characters and biomass structure of population component for sixty cloned wild *Hemarthria Compressa*. The results showed that diversities existed among quantitative characters in the different population components. The coefficient of variation (CV) for leaf length, leaf width, leaf number of each tiller and leaf number of each cloned plant was 24.95 %, 20.00 %, 14.12 %, 43.56 %, respectively. The CV for stem diameter, eustipes diameter, eustipes length, eustipes number of each tiller, the length and number of stem and stolon was 21.11 %, 22.42 %, 20.10 %, 12.14 %, 46.73 %, 20.14 %, 72.76 %, 37.97 %, respectively. The CV for root length, root distribution, roots area were 19.81 %, 37.65 %, 33.68 %, respectively. The CV for the length, width and thickness of inflorescence, inflorescence number of each tiller, the ratio of stem to seminal branch and the ratio of stolon to seminal branch were 13.33 %, 13.42 %, 14.80 %, 36.10 %, 118.96 %, 81.44 %, respectively. Meanwhile, the significant diversity for biomass structure in different population components in this study was found to be great. The CV of biomass for leaf, stem, root and inflorescence was 78.51 %, 91.66 %, 45.64 %, 192.24 %, respectively. The genetic diversity among the ecotype and environmental suitability of these ecotypes are very beneficial for improved cultivars.

Key words: *Hemarthria compressa*; wild resource; component; biomass; diversity

基金项目: 四川省青年基金资助项目(02ZQ026-057); 科技部星火计划资助项目(2004EA810010)

收稿日期: 2005-08-14; 修订日期: 2006-02-10

作者简介: 刘金平(1972~), 男, 山西临县人, 博士生, 主要从事牧草及草坪草育种与种质资源研究. E-mail: jjpgg2000@163.com

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangxq@sicau.edu.cn

Foundation item: The project was fillallcially supported by Sichuan Youth Foundation of China (No. 02ZQ026-057) and the Chinese Science and Technology Ministry spark program (No. 2004EA810010).

Received date: 2005-08-14; **Accepted date:** 2006-02-10

Biography: LIU Jin-Ping, Ph. D. candidate, mainly engaged in grass genetic resources evaluation and breeding. E-mail: jjpgg2000@163.com

自 20 世纪 70 年代初 Harper^[1] 提出植物种群构件结构理论以来,种群生态学和构件生物学理论不断得到发展与完善。国内外学者先后对蕨类^[2]、一年生草本^[3,4]、灌木^[3,1] 和木本^[5,6] 及无性系植物^[7,8] 的种群构件进行了研究。典型无性系植物是一定结构和功能的生态学单位,具有种群的一般数量特征和发展过程。近年来,对无性系生长规律、占据空间能力^[9,10]、构件形成发育、繁殖特性^[11~13]、分株结构及生态可塑性^[14~18] 等方面开展了广泛的研究。

扁穗牛鞭草(*Hemarthria compressa* (L. F.) R. Br.) 是禾本科黍亚科牛鞭草属多年生根茎型草本植物,为热带、亚热带优质牧草资源,是退耕还林还草建植人工草地、天然牧场改良、草山草坡复壮整治的优良草种。上世纪 50 年代以来,美国、日本、新西兰等国对野生牛鞭草种质资源进行了收集、鉴定、评价和相关研究^[19]。我国扁穗牛鞭草种质资源丰富,从海拔 39~2215m 的壤土、粘土、沙土、沙壤土等中均有野生种群分布。近年来,对野生资源分布^[20]、生态类型^[21]、生产性能^[22~24]、适应性、抗逆性和遗传基础^[25] 等进行了研究。种群构件差异及生物量结构不仅可以反映资源生长特性和生产潜力,也为种质资源评价、分类、开发利用提供重要依据,对牧草新品系筛选与选育、草地建植与管理等都具有更大的意义。

本研究对西南地区 60 个野生扁穗牛鞭草无性系构件数量、质量性状及生物量结构进行比较分析,说明扁穗牛鞭草资源无性系种群构件及生物量结构变异性,为开发利用种质资源以及优质品种的选育提供实践指导和奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在四川省雅安市青衣江流域二级阶地后缘四川农业大学草学系基地内进行,位于北纬 38°8',东经 103°14',海拔 620m,属北亚热带湿润季风气候区。年均气温 16.2℃,最热月(7 月份)均温 25.3℃,最冷月(1 月份)均温 6.1℃,极端最高气温 37.7℃,年降水量 1774.3mm,年蒸发量 1011.2mm,相对湿度 79%,年日照时数 1039.6h,年无霜期 304d,≥10℃年积温 5231℃。实验地土壤系白垩纪灌口组紫色沙页岩风化的堆积物形成的紫色土,pH 为 6.2。

1.2 试验材料

为采集自西南地区的 60 份野生扁穗牛鞭草,材料编号、采集地点及海拔情况见表 1。

1.3 试验设计和测定方法

材料各取同一植株、带两节的健壮茎节为营养体,按 4 株/30cm² 建立无性系小区,随机排列,设 3 次重复。在生长第 3 年抽穗期随机测定无性系根、茎、叶、花序等构件的数量性状和组成,测定各构件的生物量。

叶的性状与数量:测定成熟叶片叶长、叶宽和单蘖叶片数,取 30 次的平均值。

茎的性状与数量:测定成熟茎的节间长、节直径、茎直径、单蘖节数;茎与地表的夹角小于 15°或茎上有节根形成匍匐茎,测定直立茎、匍匐茎长度,均取 30 次测定的平均值。测定无性系植株的直立茎数与匍匐茎数,取 4 株(系)的平均值。

分蘖面积:刈割后,测定无性系植株留茬所占面积,即无性系分蘖产生的范围,取 4 株(系)的平均值。

根的性状与数量:采用挖剖面法,测定无性系植株根系深度、分布范围,取 4 株(系)的平均值。

花序的性状与数量:测定无性系生殖蘖比例,单蘖花序数,花序长、花序宽、花序厚,取 30 次的平均值。

无性系生物量结构:测定各构件烘干到恒重时的重量,取 4 株(系)的平均值。

1.4 数据处理

利用 SAS 统计软件进行数据分析与处理,Excel 制作相关的图表。

2 结果与分析

2.1 无性系种群叶的性状与数量变异性

无性系种群均由同一植株营养体繁殖而来,种群内差异忽略不计。无性系种群构件变异性可体现种质资源的开发利用途径。试验测定叶片性状与数量变异性,结果如表 2。

表 1 野生扁穗牛鞭草材料编号及来源

Table 1 Sampled locations and habitat of Hemarthria Compressa					
编号 No.	采集地点 Collection location	海拔 Altitude (m)	编号 No.	采集地点 Collection location	海拔 Altitude (m)
H01	四川大渡河 Daduhe, Sichuan	500	H31	贵州荔波 Libo, Guizhou	350
H02	重庆 Chongqing	600	H32	云南巧家 Qiaojia, Yunnan	680
H03	四川雅安 Yaan, Sichuan	670	H33	云南巧家 Qiaojia, Yunnan	650
H04	四川名山 Mingshan, Sichuan	750	H34	四川宁南 Ningnan, Sichuan	670
H05	四川洪雅 Hongya, Sichuan	540	H35	四川自贡 Zigong, Sichuan	710
H06	重庆南山 Nanshan, Chongqing	500	H36	四川自贡 Zigong, Sichuan	1100
H07	重庆嘉陵江 The Jialing river, Chongqing	520	H37	四川犍为 Jianwei, Sichuan	740
H08	四川邛崃 Qionglai, Sichuan	560	H38	重庆江津 Jiangjin, Chongqing	450
H09	四川眉山 Meishan, Sichuan	465	H39	重庆大足 Dazu, Chongqing	400
H10	四川乐山 Leshan, Sichuan	390	H40	四川攀枝花 Panzhihua, Sic.	1500
H11	四川夹江 Jiajiang, Sichuan	420	H041	重庆涪陵 Fuling, Chongqing	190
H12	四川雅安 Yaan, Sichuan	480	H042	贵州独山 Dushan, Guizhou	930
H13	四川名山 Mingshan, Sichuan	750	H043	贵州独山 Dushan, Guizhou	950
H14	四川绵阳 Mianyang, Sichuan	700	H044	贵州独山 Dushan, Guizhou	970
H15	四川宁南 Ningnan, Sichuan	1200	H045	贵州独山 Dushan, Guizhou	820
H16	四川广元 Guangyuan, Sichuan	1200	H046	贵州荔波 Libo, Guizhou	890
H17	四川宁南 Ningnan, Sichuan	1650	H047	贵州荔波 Libo, Guizhou	370
H18	四川宁南 Ningnan, Sichuan	650	H048	贵州荔波 Libo, Guizhou	350
H19	四川宜宾 Yibing, Sichuan	240	H049	云南巧家 Qiaojia, Yunnan	690
H20	重庆李子坝 Liziba, Chongqing	400	H050	云南巧家 Qiaojia, Yunnan	680
H21	重庆 Chongqing	630	H051	云南巧家 Qiaojia, Yunnan	650
H22	重庆万洲 Wanzhou, Chongqing	490	H052	四川宁南 Ningnan, Sichuan	670
H23	重庆梁平 Liangping, Chongqing	400	H053	四川宁南 Ningnan, Sichuan	1100
H24	四川达县 Daxian, Sichuan	680	H054	四川自贡 Zigong, Sichuan	640
H25	重庆垫江 Dianjiang, Chongqing	410	H055	四川自贡 Zigong, Sichuan	620
H26	重庆涪陵 Fuling, Chongqing	190	H056	四川犍为 Jianwei, Sichuan	720
H27	贵州独山 Dushan, Guizhou	930	H057	四川自贡 Zigong, Sichuan	640
H28	贵州独山 Dushan, Guizhou	950	H058	重庆江津 Jiangjin, Chongqing	420
H29	贵州荔波 Libo, Guizhou	890	H059	重庆大足 Dazu, Chongqing	400
H30	贵州荔波 Libo, Guizhou	370	H060	四川攀枝花 Panzhihua, Sic.	1500

从表 2 可见,单叶的叶长与叶宽变异系数都在 20 %以上,单蘖叶片数最小值为 9.06 片/蘖,最大值为 18.05 片/蘖,变异系数为 14.12 %。无性系叶数是无性系种群所有分蘖叶片数之和,其最大值为 10171.18 片,最小值为 1215.20 片,变异系数高达 43.56 %。说明西南地区扁穗牛鞭草种质资源叶的性状与数量变异性丰富,所以资源评价与品种选育时,可依据叶构件变异性满足不同生产目的的需要。

2.2 无性系种群茎的性状与数量变异性

扁穗牛鞭草具直立茎与匍匐茎,茎上有节。茎的性状反映无性系植株空间拓展能力,茎的数量体现无性系分蘖能力与再生能力,试验测定茎构件的结果见表 3。

从表 3 可见,茎直径与节直径都存在变异;节间长与单蘖节数的变异也较大,导致了茎长度的不同,但直立茎与匍匐茎数量差异性更为明显,说明扁穗牛鞭草无性系种群不仅匍匐性不同,在植株高度上也体现出丰富的变异性。直立茎数最大值为 331.96 蘖,最小值为 16.66 蘖,变异系数为 72.76;而匍匐茎数最大值为 477.09 蘖,最小值为 54.04 蘖,变异系数为 37.97。可见茎构件变异性极其丰富。

2.3 无性系种群根系的性状与数量变异性

无性系根系性状与数量反应其吸收范围与吸收能力,分蘖面积直接影响地上生物量的积累与分布,试验测定根系性状结果见表 4。

表 2 无性系种群叶的性状与数量变异性

Table 2 Diversity of character and number of leaf for cloned population

参数 Parameter	叶长 Leaf length (cm)	叶宽 Leaf width (cm)	单蘖叶数 Leaf number of each tiller	无性系叶数 Leaf number of each cloned plant
最大值 Max	18.07	0.92	18.05	10171.18
最小值 Min	6.95	0.44	9.06	1215.20
平均数 Mean	11.50	0.56	13.75	4088.80
变异系数 CV (%)	24.95	20.00	14.12	43.56

表 3 无性系种群茎的性状与数量变异性

Table 3 Diversity of character and number of stem for cloned population

参数 Parameter	茎直径 Stem diameter (cm)	节直径 Eustipes diameter (cm)	节间长 Eustipes length (cm)	单蘖节数 Eustipes number of each tiller	直立茎长度 Length of erect stem (cm)	匍匐茎长度 Length of stolon stem (cm)	直立茎数 Number of erect stem	匍匐茎数 Number of stolon stem
最大值 Max	0.49	0.58	9.76	22.00	122.50	165.00	331.96	477.09
最小值 Min	0.19	0.24	4.29	13.41	5.30	63.7	16.66	54.04
平均数 Mean	0.27	0.33	6.17	17.18	43.80	108.9	95.58	202.66
变异系数 CV(%)	21.11	22.42	20.10	12.14	46.73	20.14	72.76	37.97

从表 4 可见,根系深度存在差异(8.00~17.12⁵),根系分布范围变异范围为 644.25~1563.00³,变异系数为 37.65,可见根系的变异性是根系垂直方向与水平方向拓展共同作用的结果。分蘖面积一定程度上可体现根系水平方向拓展的能力,其变异范围为 170.79~754.39 cm²,最大值是最小值的 4.43 倍,变异系数为 33.68。

2.4 无性系种群花序的性状与数量变异性

花序性状是植物分类的重要指标,其形成时间与数量可反应无性系的成熟度与能量分配情况,试验测定结果见表 5。

表 4 无性系种群根系的性状与数量变异性

Table 4 Diversity of character and number of root for cloned population

参数 Parameter	根系深度 Root depth (cm)	根系分布范围 Root range (cm ³)	分蘖面积(cm ²) Area of tiller (cm ²)
最大值 Max	17.12	1563.00	754.39
最小值 Min	8.00	644.25	170.79
平均数 Mean	13.49	988.74	408.24
变异系数 CV(%)	19.81	37.65	33.68

表 5 无性系种群花序的性状与数量变异性

Table 5 Diversity of character and number of inflorescence for cloned population

参数 Parameter	花序长 Inflorescence length (cm)	花序宽 Inflorescence width (cm)	花序厚 Inflorescence thickness (cm)	单蘖花序数 Number of each inflorescence	直立茎生殖蘖比例 Ratio of erect stem to seminal branch(%)	匍匐茎生殖蘖比例 Ratio of stolon stem to seminal branch(%)
最大值 Max	9.54	0.26	0.20	6.20	95.56	100.00
最小值 Min	5.91	0.15	0.09	1.00	0.00	0.00
平均数 Mean	7.52	0.18	0.13	3.60	23.07	41.19
变异系数 CV(%)	13.33	13.42	14.80	36.10	118.96	81.44

从表 5 可见,成熟花序的长、宽、厚变异系数分别为 13.33%、13.42%、14.80%。生殖蘖花序数变异系数为 36.10%。而直立茎生殖蘖与匍匐茎生殖蘖比例的变异系数高达 118.96%与 81.44%,说明不同材料无性系种群形成生殖蘖比例差异很大,即对有性生长的投入不同,匍匐性越强的种群生殖蘖所占比例越大,匍匐茎比直立茎上形成的花序多。

2.5 无性系种群生物量结构变异性

生物量结构不仅体现无性系构件组成与营养分配能力,也是决定资源是以饲用型、草坪型、生态型等开发利用的重要依据,试验测定结果见表 6。

从表 6 可见,叶片生物量为最大值 0.822,最小值仅 0.043,变异系数达 78.51%;茎生物量变异系数达 91.66%;根系生物量变异系数达 45.64%;花序生物量变异系数高达 192.24%。

3 结论与讨论

3.1 供试扁穗牛鞭草无性系种群构件组成不同,根、茎、叶、花序的性状与数量都表现出差异,说明我国牛鞭草表型具有丰富的变异性。表型一般是遗传型与环境共同作用的结果,确定构件组成变异性是否遗传

表 6 无性系种群生物量结构变异性

Table 6 Diversity of biomass structure for cloned population

参数 Parameter	叶生物量 Leaf biomass (kg)	茎生物量 Stem biomass (kg)	根生物量 Root biomass (kg)	花序生物量 Inflorescence biomass (kg)
最大值 Max	0.822	1.678	0.282	0.094
最小值 Min	0.043	0.057	0.058	0.000
平均数 Mean	0.174	0.271	0.106	0.021
变异系数 CV(%)	78.51	91.66	45.64	192.24

基础决定,决定着优异性状选择、品种选育、资源开发利用,有待于进一步深入研究。

3.2 茎的性状及附着于其上的叶与花序性状都存在变异性,但变异系数都在 20%左右,说明同种植物的不同种群,构件性状虽然存在差异,但差异是在一定范围内变化。无性系种群构件的数量差异明显高于性状差异,说明无性系的差异主要体现在分蘖能力与空间拓展能力上。但造成分蘖与拓展差异的机理是什么?有待于系统的进行研究。

3.3 无性系种群构件根系、叶、茎、花序生物量的变异系数逐渐增大。花序生物量的变异性最丰富,这是遗传差异的反映,还是因异地栽培适应性差异导致物候期不同的反映?待于继续观测与研究。

3.4 扁穗牛鞭草无性系种群构件组成及生物量结构变异性丰富,是进行本土高产优质品种选育、驯化的重要基因基础和种源。依据无性系种群变异性,可分别作为草坪草、饲草、生态草进行研究和开发。利用野生资源表型变异性和对环境的适应性,增加或限制其分蘖能力与拓展能力满足不同生产目的的需要,是今后研究的重点。

References:

- [1] Harper J L, White J. The demography of plants. *Ann Rev Ecol Syst*, 1974, 5: 419 ~ 463.
- [2] Abulfaith H A, Bazzaz F A. The biology of *Ambrosia trifida* L. . Demography of plants and leaves. *New Phytol*, 1980, 84: 107 ~ 112.
- [3] Bazzaz F A, Harper J L. Demographic analysis of the growth of *Linum usitatissimum*. *New Phytol*, 1977, 78: 29 ~ 52.
- [4] He W M, Dong M. Ramets and genets in the tillering clonal herb *Panicum miliaceum* in hierarchical response environments. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (2): 169 ~ 175.
- [5] He B H, Zhong Z C. Effects of nutrient supply on modular growth of branch population in *Ginkgo biloba*. *Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science)*, 2003, 25(6): 475 ~ 478.
- [6] Lehtila K, Tuomi J, Sulkioja M. Bud demography of mountain birch *Betula pubescens* spp. *Tortuosa* near tree line. *Ecology*, 1994, 75(4): 945 ~ 955.
- [7] Dong M, Zhang S M, Chen Y F. Clonal plasticity in responses to nutrient availability in the stoloniferous herb *Duchesnea indica*. *Acta Bot Sin*, 2000, 42(5): 518 ~ 522.
- [8] Hartnett D C, Bazzaz F A. The genet and ramet population dynamics of *Solidago canadensis* in an abandoned field. *J Ecol*, 1985, 73: 407 ~ 414.
- [9] Cook R E. Growth and development in clonal plant population. In *Cynodon dactylon*, a grass species forming stolons and rhizomes. *Oikos*, 1994, 70: 99 ~ 106.
- [10] Chen Y F, Dong M. Genet characters of *hedysarum* leave and the characters of its ramet population in different habitats in muus sandland. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24 (1): 40 ~ 45.
- [11] Yang Y F, Li J D, Zheng H Y. Vegetative propagation of clonal population of *Hemarthria* on songnen plain of China. *Acta Prataculturae Sinica*, 1997, 6(2): 36 ~ 40.
- [12] Yang Y F, Zhang B T, Li J D. Structure of the modules on *Leymus chi nensis* clones under cultivated condition in the Songnen Plains of China. *Chin. J Appl Ecol*, 2003, 14 (11): 1847 ~ 1850.
- [13] Yang C H, Zhang X Q, Li X L, et al. *Hemarthria* germplasm resources and breeding. *Acta Prataculturae Sinica*, 2004, 2: 7 ~ 12.
- [14] Liu J P, Zhang X Q, Chen Y X. Study about stolon characteristic of *Hemarthria compressa* in southwest region. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2005, 5: 796 ~ 798.
- [15] Liu J P, Zhang X Q, Chen Y X. Study on production index of genet for wild compressed limpograss. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2004, 4: 338 ~ 341.
- [16] Du Y, Wu Y Q, Wang T Q. The study on relation between mowing and nutrient dynamics of *Hemarthria compressa* cv. Chonggao and Guangyi. *Pratacultural Science*, 1989, 3: 53 ~ 67.
- [17] Wu Y Q, Du Y. Some reproductive characteristics of *Hemarthria compressa*. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2000, 3: 262 ~ 264.
- [18] Xu S, Zhang X Q, Li J L et al. A quantitative study and analysis of inheritable variation on nineteen wild *Hemarthria compressa* germplasms in agronomic traits. *Grassland of China*, 2003, 4: 15 ~ 20.

参考文献:

- [4] 何维明,董鸣.分蘖型克隆植物黍分株和基株对异质养分环境的等级反应.生态学报,2002,22(2):169~175.
- [5] 何丙辉,钟章成.同养分条件对银杏枝种群构件生长影响研究.西南农业大学学报,2003,25(6):475~478.
- [7] 董鸣,张淑敏,陈玉福.匍匐茎草本蛇莓对基质养分条件的克隆可塑性.植物学报,2000,42(5):518~522
- [10] 陈玉福,董鸣.毛乌素沙地根茎灌木羊柴的基株特征和不同生境中的分株种群特征.植物生态学报,2000,24(1):40~45
- [11] 杨允菲,李建东,郑慧莹.松嫩平原牛鞭草无性系种群的营养繁殖策略.草业学报,1997,6(2):36~40
- [12] 杨允菲,张宝田,李建东.松嫩平原栽培条件下羊草无性系构件的结构.应用生态学报,2003,14(11):1847~1850
- [13] 杨春华,张新全,李向林,等.牛鞭草属种质资源及育种研究.草业学报,2004,2:7~12.
- [14] 刘金平,张新全,陈永霞,等.西南地区扁穗牛鞭草野生资源匍匐性研究.安徽农业科学,2005,5:796~798.
- [15] 刘金平,张新全,陈永霞.无性繁殖扁穗牛鞭草基株分蘖形成与生长特点.植物遗传资源学报,2004,4:338~341.
- [16] 杜逸,吴彦奇,王天群.重庆和广益牛鞭草割草与营养动态的研究.草业科学,1989,3:53~67.
- [17] 吴彦奇,杜逸.扁穗牛鞭草几个有性生殖特性的研究.四川农业大学学报,2000,3:262~264.
- [18] 徐胜,张新全,李建东,等.19份野生扁穗牛鞭草种质农艺性状遗传变异的数量化研究.中国草地,2003,4:15~20.