

种内竞争对稗草生物量生殖分配的影响

潘星极, 郭 伟*, 孙 备, 邓 巍, 赵丽丽

(沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 生殖分配控制着植物的终生生殖与生存的平衡, 为此, 通过不同密度处理探讨种内竞争对稗草生物量生殖分配的影响。设置 5 个密度处理: M1, 1.17×10^5 株/hm² (1 株/盆); M2, 3.52×10^5 株/hm² (3 株/盆); M3, 7.04×10^5 株/hm² (6 株/盆); M4, 10.56×10^5 株/hm² (9 株/盆); M5, 14.08×10^5 株/hm² (12 株/盆), 分别于稗草盛花期和结实期测定各器官生物量, 并分析其生物量分配格局。结果表明: 各处理在盛花期以后, 总生物量均基本不变, 但营养器官生物量下降, 而生殖器官生物量增加。无论盛花期还是结实期, 随着密度的增加, 稗草的单株质量、单分蘖质量以及各器官生物量均呈下降趋势。生物量分配, 在无种内竞争的低密度处理 (M1) 下主要表现为增加根的分配, 减少茎的分配; 盛花期时, 在存在植株间竞争的处理中各器官生物量分配差异不显著; 结实期, 随着种内竞争加剧, 稗草单位受光面积降低, 致使稗草对叶的分配增加, 反而降低了茎器官的投入比例, 而生殖器官在中等密度 M2、M3 处理条件下分配最大, 分配比例分别为 17.34%、17.28%。

关键词: 稗草; 密度; 生物量; 生殖分配; 种内竞争

中图分类号: S451 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2011)09-0086-04

Effects of Intra-specific Competition on Biomass Allocation of *Echinochloa crusgalli*

PAN Xing-ji, GUO Wei*, SUN Bei, DENG Wei, ZHAO Li-li

(College of Agriculture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Reproductive allocation controls the reproduction and survival balance of plants. Effects of intra-specific competition on the biomass allocation of *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv under different densities were studied in this experiment. Five density treatments were designed: M1, 1.17×10^5 plants/ha (1 plant/pot); M2, 3.52×10^5 plants/ha (3 plants/pot); M3, 7.04×10^5 plants/ha (6 plants/pot); M4, 10.56×10^5 plants/ha (9 plants/pot); M5, 14.08×10^5 plants/ha (12 plants/pot). The biomass and biomass allocation pattern of its various organs were determined and analyzed at flowering and grain filling periods. The results showed that the total biomass was basically unchanged after flowering under all treatments, in which the biomass of vegetative organs was decreased but that of the reproductive organ was increased. At either flowering or grain filling period, within populations there was a certain mechanism to alleviate intra-specific competition which reduced the weight per plant, weight per tiller and biomass of various organs with the increase of density. In the absence of intra-specific competition under low-density treatment (M1), biomass allocation was mainly to increase the distribution of roots, and to reduce the distribution of stems. In the presence of competition, the difference of biomass distribution between plant organs was not significant at the flowering period. At the grain filling period, with increase

收稿日期: 2011-03-21

基金项目: 辽宁省教育厅高等学校创新团队科研项目 (2009T088); 沈阳农业大学博士后基金项目

作者简介: 潘星极 (1986-), 女, 辽宁瓦房店人, 在读硕士研究生, 研究方向: 植物生态学。E-mail: pan_star@163.com

* 通讯作者: 郭 伟 (1973-), 男, 辽宁沈阳人, 副教授, 主要从事植物生态与污染生态学研究。E-mail: guowei-233@163.com

of intra-specific competition, *E. crusglli* unit area by the light decreased, resulting in the increase of leaf allocation and decrease of stem allocation, but the allocation of reproductive organs reached the maximum of 17.34% and 17.28% under the medium-density of M2 and M3 treatments.

Key words: *Echinochloa crusglli* (L.) beauv.; Density; Biomass; Reproductive allocation; Intra-specific competition

生殖分配(reproductive allocation, RA), 亦称生殖配置^[1-2], 是指植物 1a 内生殖器官所积累的资源占资源总积累量的比例, 其控制着植物终生生殖与生存的平衡。植物种群的生殖分配研究是植物生殖生态学的研究热点之一, 近年来国内外关于生殖分配的报道很多, 研究对象多为草本植物^[3-7], 其中以草原植物及地区特有种为主^[8-12], 而对于农田环境下杂草的生殖分配研究尚鲜有报道^[13]。稗草(*Echinochloa crusglli* (L.) beauv.) 是禾本科稗草属的 1a 生草本植物, 是我国稻田中的主要恶性杂草之一^[14-16]。长期以来, 人们致力于控制农田杂草的生殖, 因为生殖是生物繁衍后代及其延续种群最基本的行为和过程。因此, 研究在农田中各种干扰条件下杂草的生殖分配规律, 无论在理论上还是在实践上都有重要的意义。已有研究表明, 种内竞争能更准确地反映竞争过程中种群内部的相互作用和种群的发展趋势动态^[17-18], 因此, 开展种内竞争的研究对掌握种群结构、功能变化等均具有重要意义。为此, 通过盆栽试验, 研究种内竞争对稗草生物量生殖分配的影响, 为进一步实现对农田中稗草的生态控制奠定理论基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

无芒稗采自沈阳市周边稻田。据统计, 沈阳稻

田稗草密度为 3.52×10^5 株/hm²。

1.2 试验方法

采用盆栽试验, 盆直径为 30 cm, 高为 26 cm, 在稗草四叶期施肥, 以盆口面积折合施肥量: N 225 kg/hm², P₂O₅ 79.5 kg/hm², K₂O 63 kg/hm²。

稗草种内竞争试验设 5 个密度处理: M1, 1.17×10^5 株/hm² (1 株/盆); M2, 3.52×10^5 株/hm² (3 株/盆); M3, 7.04×10^5 株/hm² (6 株/盆); M4, 10.56×10^5 株/hm² (9 株/盆); M5, 14.08×10^5 株/hm² (12 株/盆)。每个处理 3 次重复。分别在盛花期和结实期取样, 将植株各器官分离, 于 105℃ 下杀青 30 min, 80℃ 烘干至恒定质量, 称质量。

生物量分配 = $\frac{\text{某器官(干质量)} + \text{附属结构(干质量)}}{\text{植株总生物量(干质量)}} \times 100\%$

其中枯萎的部分由于不脱落, 故在本试验中将其直接计入各组成部分。

2 结果与分析

2.1 种内竞争下稗草生物量生殖分配动态变化

从表 1 可以看出, 在各密度条件下, 盛花期以后, 稗草单株质量基本不变, 其中营养器官(包括根、茎、叶)生物量大体呈现下降趋势, 而生殖器官(花或果)却呈增加趋势, 说明稗草在结实期营养物质向生殖器官转移, 以维持高生殖率。由稗草单株质量和单分蘖

表 1 种内竞争下稗草生物量及产量

时期	指标	处理				
		M1	M2	M3	M4	M5
盛花期	根/(g/株)	133.67±5.08a	36.63±5.12b	19.82±1.27c	14.15±0.62cd	11.29±1.24d
	茎/(g/株)	179.83±4.81a	77.82±1.35b	38.19±1.67c	30.40±3.89d	24.79±0.74e
	叶/(g/株)	64.07±4.46a	27.78±1.13b	12.86±1.13c	10.04±0.36cd	8.48±0.12d
	花/(g/株)	32.13±3.71a	15.37±1.13b	6.13±1.49c	5.32±0.41c	3.95±0.50c
	单株质量/g	412.50±4.42a	157.60±2.40b	77.01±2.60b	59.92±3.49d	48.23±1.26e
	单分蘖质量/g	5.10±0.06a	5.29±0.08a	4.70±0.16b	4.41±0.26c	4.08±0.11d
结实期	根/(g/株)	139.47±6.36a	28.52±0.79b	16.49±1.98c	13.37±0.51c	11.71±0.13c
	茎/(g/株)	155.93±3.27a	72.29±3.82b	29.87±1.01c	25.70±1.74cd	19.87±0.45d
	叶/(g/株)	67.63±6.07a	28.73±0.07b	13.85±0.48c	11.82±1.21c	9.44±0.16c
	果/(g/株)	54.13±7.81a	27.18±0.45b	12.56±0.59c	8.62±0.95c	6.62±0.93c
	单株质量/g	417.17±6.98a	156.72±4.38b	72.77±3.71c	59.50±3.79d	47.64±0.78e
	单分蘖质量/g	5.20±0.09a	5.18±0.28a	4.44±0.19b	4.38±0.28b	4.00±0.07c
	产量/(kg/hm ²)	54.13±7.81b	81.53±1.35a	75.37±3.52a	77.57±8.52a	79.47±2.96a

注: 不同小写字母表示同时期不同处理间 0.05 水平上差异显著。下同

质量的变化可知,稗草种群内部存在一定机制缓解种内竞争。White^[19]认为,植株可以通过控制构件形成率、无性系植株的空间分布及密度,将其密度控制在引起自疏的密度下。本试验结果与其结论相一致,盛花期从低密度 M1 至高密度 M5 处理下,稗草单株质量分别为 412.50 g、157.60 g、77.01 g、59.92 g、48.23 g,单分蘖质量分别为 5.10 g、5.29 g、4.70 g、4.41 g、4.08 g,不同种植密度下,稗草单株质量和单分蘖质量大都存在显著差异($P < 0.05$),密度越大,单株质量和单分蘖质量越小。不同密度条件下,稗草的产量以 M1 处理最小,为 54.13 kg/hm²,其余各处理间差异不显著($P > 0.05$),说明密度处理对稗草产量的影响很小。M1 处理下,稗草

生存环境中资源丰富,且不存在植株间的竞争,稗草选择利用资源进行足够的营养生长以维持植株在激烈的竞争中生存而减少其生殖量;农田稗草实际密度与 M2 处理的密度(3.52×10^5 株/hm²)相同,其可能是稗草多年的生存对策,为在稻田占据优势地位,从而维持较高的繁殖率。

从表 2 可以看出,在各密度处理条件下,从盛花期到结实期,稗草的营养器官中根、茎生物量分配比例大体呈下降趋势,叶分配比例呈上升趋势,但根、叶的分配比例变化较小;生殖器官生物量分配比例变化与生物量干质量变化相同,呈上升趋势,但均低于 20%,与已有的 1a 生植物生殖分配比例高于 20% 的结论相反,这可能与较好的农田生态环境有关。

表 2 种内竞争下稗草生物量分配

%

时期	处理	根	茎	叶	花	果
盛花期	M1	32.63±1.20a	43.89±0.88b	15.64±1.09a	7.84±0.91a	—
	M2	23.23±3.02b	49.38±0.31a	17.64±2.15a	9.75±0.75a	—
	M3	25.74±1.35b	49.60±1.35a	16.72±1.82a	7.94±1.71a	—
	M4	23.71±2.44b	50.60±3.57a	16.80±1.26a	8.88±0.43a	—
	M5	23.24±2.03b	51.11±0.74a	17.48±0.49a	8.17±1.22a	—
结实期	M1	33.42±1.14a	37.38±0.17d	16.20±1.21b	—	13.00±2.08b
	M2	18.21±0.81b	46.11±1.35a	18.34±0.40b	—	17.34±0.20a
	M3	22.63±1.92b	41.06±0.55c	19.05±0.43a	—	17.28±0.95a
	M4	22.49±0.60b	43.18±0.50b	19.83±1.03a	—	14.49±1.37b
	M5	24.59±0.56c	41.71±1.30bc	19.81±0.13a	—	13.88±1.73b

2.2 种内竞争对不同生长期稗草生殖分配的影响

2.2.1 盛花期 从表 1 可以看出,盛花期,随着密度的增加,稗草无论营养器官还是生殖器官生物量均呈显著下降趋势,说明密度处理对稗草的生长有很大影响,随着种内竞争的加剧,稗草可利用资源降低,导致其生物量递减。从盛花期生殖分配来看(表 2),根的分配在 M1 处理下(32.63%)显著高于其余处理($P < 0.05$);茎则呈相反趋势,M1 处理下(43.89%)显著低于其余各处理($P < 0.05$);叶及花的生殖分配比例处理间差异均不显著($P > 0.05$),说明密度处理对稗草生物量分配的影响主要集中在根、茎上,且对 M1 处理的作用较大,即在环境资源较好且无种内竞争条件下,稗草选择增加地下部分——根的生物量投入,以最大限度地利用环境资源,从而减少对地上部分茎的投入比例。

2.2.2 结实期 结实期稗草的生物量对种内竞争的响应与盛花期相同(表 1),即随稗草种内竞争的加剧,各器官生物量均呈下降趋势,但 M3、M4、M5 处理生物量变化不显著($P > 0.05$),说明虽然种内竞争可导致稗草生物量干质量逐渐下降,但当种群密度达 6 株/盆时,密度的增加对稗草生物量已无显

著的影响。而从表 2 生殖分配的动态变化看,结实期根的变化与盛花期相似,即在 M1 条件下达最大(33.42%)且与其余处理差异显著($P < 0.05$);茎的变化为 M1 处理最小(37.38%),M2 处理最大(46.11%),M2 至 M5 呈下降趋势;叶的变化趋势为 M1、M2 处理下分配(16.20%、18.34%)显著小于 M3、M4、M5 处理(19.05%、19.83%、19.81%);果的变化则为 M2、M3 处理下(17.34%、17.28%)显著高于其余处理($P < 0.05$)。说明在存在种内竞争条件下,随着植株密度的增加,由于单位受光面积降低,稗草植株对叶的投入加大,以期提高光合作用率,从而降低了茎器官的投入。而生殖器官在中等密度(M2、M3)条件下分配最大,说明中等密度有利于保持较高的有性繁殖能力^[20],其最接近农田稗草的实际密度,这亦与稗草多年对农田环境的适应性有关,即在农田环境中,种内、种间竞争致使稗草提高生殖率以维持其优势种群的地位。

3 结论与讨论

1) 竞争是植物种内关系的主要形式之一,表现为对环境资源和利用空间的争夺^[21]。竞争的结果

不仅影响个体的生存、生长和繁殖,而且影响种群的生殖分配变化。本研究表明,稗草在生长过程中,各密度处理下盛花期以后总生物量均基本不变,其中营养器官生物量大体呈现下降趋势,而生殖器官却呈增加趋势;稗草种群内部存在一定机制缓解种内竞争,体现在随着密度的增加,稗草的单株质量及单分蘖质量均呈显著下降趋势;产量在 1.17×10^5 株/hm² 处理(M1)下最小,且与其余处理差异显著。从盛花期到结实期,生物量分配比例为在各处理下,器官根、叶的变化较小,茎呈下降趋势,生殖器官则相反,呈上升趋势。

2) 无论是盛花期还是结实期,稗草各器官生物量均随着种内竞争的加剧呈下降趋势。生物量分配在无种内竞争的低密度处理(M1)下主要表现为,增加根的分配,减少茎器官的分配;盛花期时,在存在植株间竞争的处理中各器官差异不显著,随着生长季的延长,到结实期由于植株种内竞争的加剧,单位受光面积降低,为提高光合作用率稗草植株对叶的投入加大,反而降低了茎器官的投入;中等密度(M2、M3)条件下有利于稗草保持较高的有性繁殖能力,这可能与稗草多年对农田环境的适应性有关。

参考文献:

- [1] 苏智先,张素兰,钟章成. 植物生殖生态学研究进展[J]. 生态学杂志,1998,17(1):39-46.
- [2] Silvertown J W. 植物种群生态学导论[M]. 祝宁,译. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1987.
- [3] 苏智先,钟章成. 四川大头茶种群生殖生态学研究. II 种群生物量生殖分配格局研究[J]. 生态学报,1998,18(2):379-385.
- [4] Jan T. Flowering does not decrease vegetative competitiveness of *Lolium perenne* [J]. Basic and Applied Ecology, 2009, 10: 340-348.
- [5] 操国兴. 不同群落中川鄂连蕊茶的生殖分配与个体大小之间关系的探讨[J]. 植物生态学报, 2005, 29(3): 361-366.
- [6] 范志强. 水曲柳苗木根系和叶片氮的分配及对生物量影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(1): 45-51.
- [7] Alejandra V. Biomass allocation patterns and reproductive output of four *Oenothera* L. accessions native to Argentina[J]. Industrial Crops and Products, 2008, 27: 249-256.
- [8] Bonser S P. Interpreting reproductive allometry: Individual strategies of allocation explain size-dependent reproduction in plant populations[J]. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 2009, 11: 31-40.
- [9] 杨利平,薛建华,金淑梅. 细叶百合生物量的生殖分配[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(5): 42-44.
- [10] 肖宜安,李晓红,胡文海,等. 斑叶兰自然种群生物量生殖分配研究[J]. 广西植物, 2006, 26(1): 28-31.
- [11] 李小钊. 毛茛苔草生殖分蘖株生长及生殖分配的表型可塑性调节[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(9): 54-56.
- [12] 李菁. 尖叶拟船叶藓营养元素生殖配置格局[J]. 云南植物研究, 2009, 31(3): 219-226.
- [13] 宋创业. 播期对浑善达克沙地青贮玉米产量及生物量分配的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 865-868.
- [14] 林文雄,何华勤,郭玉春. 水稻化感作用及其生理生化特性的研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 871-875.
- [15] 姜敏. 中国北方水稻与无芒稗化感作用研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(4): 478-482.
- [16] 李海波. 水稻和稗草共生土壤微生物生物量碳及酶活性的变化[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2234-2238.
- [17] 刘金福,洪伟,李俊清,等. 格氏栲林优势种竞争关系及其预测动态的研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(3): 211-216.
- [18] 赵春燕,沈有信. 紫茎泽兰种内竞争试验[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 24(2): 27-31.
- [19] White J. The thinning rule and its application to mixtures of plant populations [M]. London: Academic Press, 1985: 291-309.
- [20] 朱志红,刘建秀,郑伟. 资源获得性和种内竞争对垂穗披碱草生长繁殖的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(10): 2056-2061.
- [21] 刘彤,李云灵. 天然东北红豆杉 (*Taxus cuspidata*) 种内和种间竞争[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 924-929.