

# 除草剂（百草枯）对稗草生物量 生殖分配及生长特性的影响

郭伟, 赵丽丽, 潘星极, 邓巍, 郑述强

(沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110866)

**摘要:** 为了解稗草 [*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.] 在不同浓度除草剂条件下的资源分配特点, 现选用百草枯为试验试剂, 并据大田施用量设置 5 种施用浓度, 分别测定不同浓度条件下稗草各器官生物量、生殖分株数量特征, 并比较分析各器官生物量及生物量分配比例。试验结果表明: 盛花期至结实期, 稗草的总生物量基本保持不变, 根、茎生物量及其分配比例逐渐减小; 生殖器官的生物量及其分配比例逐渐增加; 而叶生物量的变化无明显规律, 生物量分配值随除草剂浓度的增加而增加。各生长时期内, 器官生物量分配格局呈茎>根>叶>花(果)。生殖分株数量特征随除草剂浓度的增加而减小; 在 C1 浓度条件下, 稗草穗长、RA I、RA II 呈最大值。

**关键词:** 稗草; 除草剂; 生物量; 生殖分配

中图分类号: S451.2 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)03-0487-05

## The Biomass Allocation of *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv under Different Concentrations of Herbicide (Paraquat)

GUO Wei, ZHAO Li-li, PAN Xing-ji, DENG Wei, ZHENG Shu-qiang

(Department of Agronomy, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** In order to understand the resource allocation characteristics under different concentrations of herbicides, paraquat was selected as the test reagent, and five application concentrations were set according to the application amount for rice fields to determine the biomass of every organs and the quantitative characteristics of reproductive plantlets of *Echinochloa crusgalli* (L.) beauv under different concentrations, and to compare and analyse the biomass of each organ and biomass allocation ratios. The results indicated that from the flowering stage to the ripening stage, the total biomass of *Echinochloa crusgalli* (L.) beauv kept basically unchanged, the biomass and biomass allocation ratio of root and stem decreased, the biomass and its allocation ratios of reproductive organs increased. There was no obvious law of change in the biomass of leaf, but the biomass allocation value increased with the concentration of herbicide. In each stage, the reproductive allocation ratios showed an order of stem>root>leaf>flower(seed). The quantitative characteristics of the reproductive decreased with the increase of the concentration of paraquat. Under the concentration of C1, the spike length, RA I, RA II were all the maximum.

**Keywords:** *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv; herbicide; biomass; reproductive allocation

生殖分配 (reproductive allocation, 简称 RA), 亦称生殖配置<sup>[1-2]</sup>, 是指植物在生长发育过程中, 同化产物向其生殖器官分配的比例, 即分配到生殖器官中的有机物数量, 它控制着植物终生生殖与生存的平衡<sup>[3]</sup>。目前, 生殖分配已成为生殖生态学的研究热点之一。从分配通货的角度看, 相关研究主要集中于对生物量生殖分配和能量生殖分配<sup>[4-12]</sup>; 从研究对象来看, 则多集中在草本植物, 尤其是一年生

收稿日期: 2012-02-08 修回日期: 2012-03-12

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

作者简介: 郭伟(1973—), 男, 副教授, 博士, 主要从事植物生态与污染生态学研究, E-mail: guowei\_233@163.com。

草本植物, 少为木本植物<sup>[13-20]</sup>。农田杂草作为农业生产中的制约因素, 影响粮食产量及品质, 而对于农田杂草的生殖分配的相关研究较少<sup>[21-26]</sup>。因为生殖生长是生物体繁衍后代及延续种群的最基本的行为和过程, 所以对农田杂草的控制, 其本质上就是对农田杂草的生殖生长的控制。因而, 对于农田杂草的生殖分配的研究, 不仅可以丰富此研究领域的研究内容, 而且具有重要的现实意义。

稗草 [*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.] 是禾本科稗草属的一年生草本植物, 多生于沼泽、沟渠旁、低洼荒地等, 具有发达的根茎, 属典型的无性系植物。它对生境的水分要求较高, 而稻田为其提供了良好的水湿环境以及营养环境, 使得稗草成为稻田中的主要恶性杂草之一<sup>[27]</sup>。目前, 对于稗草的相关研究主要集中在其防除效果<sup>[28-29]</sup>, 并且大多采用除草剂来进行防控。然而随着除草剂的逐年施用, 杂草抗性逐渐增强, 这给稻田的杂草防控提出了新的挑战<sup>[30]</sup>。此外, 不合理的药剂施用会给土壤<sup>[31]</sup>、水体等生态环境带来危害, 化学药剂合理使用迫在眉睫。本研究采用除草剂(百草枯)为主要试验处理试剂, 并设置不同浓度, 探讨在不同浓度条件下, 稗草的生长特性、生物量生殖分配响应状况, 为进一步实现稗草的生态防控及除草剂的合理施用提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

稗草, 采自沈阳市周边稻田。除草剂, 选用百草枯 [英文通用名: Paraquat; 有效成分: 二氯喹啉酸 (50%); 其它成分: 润湿剂及其它 (50%); 制造商: 沈阳化工研究院试验厂]。

### 1.2 试验设计

采用盆栽试验, 盆直径30 cm, 高26 cm, 每盆3穴, 同时施底肥按纯量计: N, 225.0 kg/hm<sup>2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 79.5 kg/hm<sup>2</sup>; K<sub>2</sub>O, 63.0 kg/hm<sup>2</sup>, 以盆口面积折合施肥量。试验中除草剂的浓度设置成5种水平, 分别为田间正常施用量稀释5倍 (C5)、10倍 (C4)、20倍 (C3)、40倍 (C2)、80倍 (C1), 并于分蘖期进行处理, 每个处理3次重复, 同时设对照 (CK)。

### 1.3 试验方法

分别于稗草盛花期、结实期整盆取样, 记录株高、单株穗数、单株分蘖数及千粒质量; 在结实期将采集的植物的各分蘖株进行高度分级, 测定每个高度级分蘖株的平均质量、平均花序长、平均花序质量; 并将植株各器官分离, 放入信封, 于105 °C杀青处理30 min, 80 °C烘干至恒质量, 万分之一天平称其各器官的质量。计算公式:

$$\text{生物量分配} = (\text{某器官生物量} + \text{附属结构生物量}) / \text{植物总生物量} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{生殖分配 I} = \text{某一高度级花序质量} / \text{生殖分蘖株总生物量} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{生殖分配 II} = \text{某一高度级籽粒质量} / \text{生殖分蘖株总生物量} \times 100\% \quad (3)$$

其中, 各生物量及各器官质量均以干物质质量计。枯萎部分由于不脱落, 故在本试验中此部分直接计入各组成部分。

数据初步分析和制表采用Microsoft Excel软件, 进一步统计分析采用DPS7.05软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同除草剂处理条件下稗草生物量生殖分配的动态变化

从表1可以看出, 从盛花期到结实期, 同一处理, 稗草的总生物量基本保持不变, 其中, 根、茎生物量逐渐减小, 生殖器官生物量逐渐增加, 而叶生物量的变化无明显规律。相同生长期不同处理间, 稗草总生物量逐渐减小, 说明除草剂对植物生长及生物量积累起抑制作用, 且浓度越高, 抑制作用越强。

由表2可知, 相同生长时期, 稗草各器官生物量分配呈现一定的规律性, 即: 茎>根>叶>花。其中, 根、茎生物量分配呈降低趋势, 而叶及生殖器官的生物量分配呈上升趋势, 尤其是结实期果的生物量分配, 明显高于盛花期花的生物量分配, 说明除草剂对稗草结实期生殖分配状况起调节作用, 促进生殖器官(果)的生物量积累。

表1 不同除草剂(百草枯)处理下稗草单株生物量

Tab.1 The biomass(dry weight) of *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv under different concentration of herbicide (Paraquat)

时期 Stage	处理 Treatment	根/(g·株 <sup>-1</sup> ) Root	茎/(g·株 <sup>-1</sup> ) Stem	叶/(g·株 <sup>-1</sup> ) Leaf	花/(g·株 <sup>-1</sup> ) Flower	果/(g·株 <sup>-1</sup> ) Fruit	总生物量/(g·株 <sup>-1</sup> ) Total biomass
盛花期 Flowering stage	CK	36.63a±5.12	77.82a±1.35	27.78a±3.08	15.30a±1.13		157.60a±2.65
	C1	40.18a±1.70	74.62b±1.70	21.84b±1.58	10.70b±1.82		147.34b±3.20
	C2	29.60b±0.92	60.12c±2.08	28.69a±1.74	11.21b±1.07		129.62c±1.65
	C3	31.43b±1.40	34.43e±2.05	15.43c±0.92	6.06c±1.11		87.36d±3.08
	C4	23.50c±1.15	38.62d±1.11	16.30c±1.30	4.42c±0.84		82.84d±2.18
结实期 Ripening stage	C5	17.45d±0.84	39.70d±0.76	11.46d±1.02	4.82c±0.89		73.43e±0.63
	CK	28.52a±0.79	72.34a±3.50	28.73a±0.97		27.19a±1.11	156.79a±8.39
	C1	28.75a±1.14	52.74b±1.95	22.52b±1.00		20.66b±2.13	124.67b±6.15
	C2	29.41a±1.82	45.72c±1.75	22.42b±1.52		18.50bc±1.49	116.04b±6.55
	C3	23.36b±1.22	40.36d±1.32	18.79cd±1.24		16.68c±2.51	99.20c±6.26
	C4	21.62b±0.33	39.52d±1.69	20.56bc±1.49		15.82c±1.16	97.52c±4.01
	C5	17.45c±1.23	27.47e±2.42	16.65d±2.61		16.37c±1.61	77.94d±7.86

\*\*同一时期同列不同字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

\*\*Different letters in same stage and column mean significant at 0.05 level.

表2 不同除草剂(百草枯)处理下稗草生物量分配

Tab.2 The biomass allocation of *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv under different concentration of herbicide (Paraquat)

时期 Stage	处理 Treatment	根/% Root	茎/% Stem	叶/% Leaf	花/% Flower	果/% Fruit
盛花期 Flowering stage	CK	23.23c±3.02	49.38bc±0.31	17.64bc±2.15	9.75a±0.75	
	C1	27.27b±0.58	50.65b±0.18	14.81d±0.75	7.28bc±1.39	
	C2	22.83c±0.42	46.40d±2.19	22.12a±1.07	8.65ab±0.72	
	C3	35.98a±0.53	39.39e±1.11	17.65bc±0.64	6.97bc±1.48	
	C4	28.36b±0.66	46.67cd±2.57	19.66b±1.05	5.32b±0.87	
结实期 Ripening stage	C5	23.77c±1.24	54.06a±1.27	15.61cd±1.31	6.56bc±1.19	
	CK	18.20d±0.82	46.13a±1.53	18.34b±0.89		17.34b±0.48
	C1	23.07bc±0.28	42.32b±0.55	18.06b±0.09		16.54b±0.90
	C2	25.34a±0.20	39.43c±0.73	19.31b±0.26		15.93b±0.38
	C3	23.56b±0.31	40.74bc±1.25	18.94b±0.11		16.76b±1.46
	C4	22.21c±1.23	40.53c±0.14	21.06a±0.68		16.20b±0.52
	C5	22.41bc±0.69	35.27d±0.46	21.29a±1.20		21.00a±0.06

\*\*同一时期同列不同字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

\*\*Different letters in same stage and column mean significant at 0.05 level.

## 2.2 除草剂处理对不同生长期稗草生物量生殖分配的影响

2.2.1 盛花期 随除草剂浓度的增加, 稗草各器官生物量呈下降趋势(表1), 说明较高浓度除草剂可以抑制稗草生物量累积。其中, C1浓度下, 稗草根生物量显著高于其他处理 ( $P<0.05$ ), 说明低浓度除草剂对稗草根生长有促进作用; C2浓度下, 叶生物量积累也表现为促进作用, 其余浓度, 叶生物量均随除草剂浓度的增加而下降; 茎与花生物量随除草剂浓度的增加而减小, 体现出较强的抑制作用。

稗草根生物量分配格局呈C3>C4>C1>C5≈CK≈C2趋势(表2); C3浓度下, 茎生物量分配出现最小值, 说明除草剂浓度的增加, 对稗草茎生物量分配起抑制作用, 而这种抑制作用存在一定的阈值, 当除草剂浓度达到或超过这个阈值后, 反而会起促进作用; C1浓度下, 叶生物量分配表现出较强抑制作用, 而C2浓度下, 却体现出极大的促进作用, 其余各处理差异不显著; 花生物量分配随着除草剂浓度的增加而减小, 说明除草剂对盛花期稗草的生殖分配起抑制作用。

2.2.2 结实期 由表1可知, 稗草各器官生物量均随除草剂浓度的增加而降低。与CK相比, C1浓度下, 根生物量较大, 但二者差异不显著 ( $P>0.05$ ); 茎、叶、果生物量则表现出与总生物量相似的规律, 即: 随除草剂浓度的增加而减小, 且各处理与CK相比, 差异显著 ( $P<0.05$ )。

表2显示, 稗草各器官生物量分配呈茎>根>叶>花, 其中, 根生物量分配均高于CK, 并存在差异显著性 ( $P<0.05$ ), C2浓度下根生物量分配值最大, 说明一定浓度除草剂可促进根生物量分配, 而浓度过高或过低会产生抑制效果; 茎生物量分配与CK相比, 均存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 体现除草剂对稗草茎生长的抑制作用; 叶生物量分配呈现与茎相反的变化趋势。可见, 茎与叶生物量分配间, 可能存在某种补偿机制。在C5浓度下, 果生物量分配出现最大值, 且与其他处理相比, 存在差异显著性 ( $P<0.05$ ), 说明高浓度除草剂可促进稗草的生殖分配, 同时也体现了农田杂草的生殖对策与特性。

### 2.3 不同除草剂处理下稗草生殖分株数量特征

表3可知, 随除草剂浓度增加, 稗草株高、生殖分株的平均株高、花序长度、穗质量均呈递减趋势, 说明浓度增加时, 无论对营养生殖还是有性生殖, 都会起到抑制作用, 而且这种抑制作用随施用浓度的增加而增强。C1浓度下, 穗长、RA I、RA II的数值最高, 说明较低浓度的除草剂可促进生殖器官的资源投入, 而高浓度则会影响稗草的生殖生长, 即: 当处不利的环境条件下, 稗草在确保基本的生殖空间后, 会将更多的物质、能量转移到营养生长, 以维持其自身的生存。

表3 不同除草剂(百草枯)处理下稗草生殖分株的数量特征

Tab.3 Quantitative characters of reproductive tillers for *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv under different concentration of herbicide (Paraquat)

处理 Treatm ent	株高/cm Plant height	分蘖数/个 Number of tillers	分株高/cm Sub-plant height	花序长/cm Inflorescence length	穗质量/g Spike quality	RA I/% Reproductive Allocation I	RA II/% Reproductive Allocation II
CK	160.95±4.74	31.56±3.57	121.18±36.99	10.81±3.02	0.79±0.60	10.22±2.25	5.97±1.37
C1	136.00±7.95	35.33±3.98	105.10±28.61	9.37±2.19	0.82±0.40	16.40±4.90	9.00±2.97
C2	127.4±4.28	30.00±1.63	98.40±30.70	10.13±2.91	0.54±0.34	13.58±2.40	7.44±1.66
C3	118.37±2.50	32.33±3.01	102.60±9.91	9.00±1.17	0.59±0.37	12.05±2.31	6.79±1.89
C4	111.51±5.47	36.33±4.15	85.05±21.75	8.72±1.47	0.52±0.19	14.01±2.53	7.62±1.88
C5	99.9±4.35	40.00±3.56	79.88±19.91	8.02±1.70	0.40±0.32	14.82±3.16	8.33±2.16

## 3 结论与讨论

(1)本研究采用低于农田施用量的5种除草剂浓度处理盆栽稗草。试验表明: 各生长时期稗草单株总生物量随除草剂浓度增加而下降, 其中, 仅根器官在较低除草剂浓度(C1、C2)下表现为促进作用, 其余各器官变化趋势与单株总生物量相同; 随除草剂浓度的增加, 各营养器官生殖分配比例变化较不明显, 花生物量分配比例表现为依次递减, 果生物量分配比例在C5处理下显著高于其余各处理。而影响植物生物量分配的因素有很多, 刘金平等<sup>[32]</sup>对老芒麦构件组成和生物量结果的研究中, 采用了肥料和除草剂混施的方式, 并取得较好的实验效果, 本文只研究除草剂条件下稗草生物量生殖分配及生长特性, 因而, 双因素或多因素综合作用下, 稗草的有效防控有待进一步研究探讨。

(2)无性系植物的形态可塑性主要体现在生殖分株数量特征的变化上, 这种变化也可以表现出植物对环境的响应机制及植物自身的生殖对策。本研究结果显示: 随除草剂浓度的增加, 稗草株高、分株高、花序长度及穗质量均呈现下降趋势; 在低浓度除草剂(C1)作用下促进稗草穗长及RA I、RA II的增长, 充分体现了稗草应对不同浓度除草剂环境, 调节自身分配机制, 即: 处较好的生活环境时, 将更多的物质能量用于生殖器官的投入, 提高其潜在生存力; 在不利的环境中, 在保证基本的生殖空间后, 减少对生殖器官的投入, 增大营养器官分配比例, 从而确保植株从环境中获得更多的物质能量以维系生存。

(3)本研究结果显示: 随除草剂施用量的增加, 营养器官生殖分配比例变化不明显, 花生物量分配比例表现为递减趋势, 而果生物量分配比例则表现为增加趋势, C5处理显著高于其它各处理, 这可能是稗草在逆境条件下的生殖策略, 其原因有待进一步的研究。

## 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] Harper J L.The reproductive strategies of higher plants ( I ):The concept of strategy with species *Senecio vulgaris*[J].J Eco,1970,58:681-698.
- [3] 钟章成.植物种群的繁殖对策[J].生态学杂志,1995,14(1):37-42.
- [4] 高强,国振杰,王普昶.大青山4种根茎禾草种群生物量生殖分配研究[J].中国农学通报,2008,24(5):22-25.
- [5] 李瑞利,石福臣,李秀臣,等.天津沿海滩涂互花米草种群生殖分株数量特征及生殖分配研究[J].植物研究,2007,27(1):99-106.
- [6] 宋智芳,安沙舟,孙宗玖.刈割和放牧条件下伊犁绢蒿生物量生殖分配特点[J].草业科学,2009,26(12):118-123.
- [7] 王仁忠,祖元刚.羊草种群生物量生殖分配的初步研究[J].应用生态学报,1999,10(5):553-555.
- [8] 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.
- [9] 包国章,李向林,陆光华,等.休牧草地鸭茅种群能量动态的初步研究[J].草业学报,2001,10(4):107-111.
- [10] 王仁忠.羊草种群能量生殖分配的研究[J].应用生态学报,2000,11(4):591-594.
- [11] 魏华,王亚琴,李菁,等.尖叶拟船叶蕨种群能量生殖配置的研究[J].武汉植物学研究,2008,26(4):424-427.
- [12] 王仁忠,祖元刚.羊草种群生物量和能量生殖分配的研究[J].植物研究,2001,21(2):299-303.
- [13] 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.
- [14] Jan Thiele. Flowering does not decrease vegetative competitiveness of *Lolium perenne*[J]. Basic and Applied Ecology, 2009, 10(4):340-348.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Alejandra Vilela , Biomass allocation patterns and reproductive output of four *Oenothera* L. accessions native to Argentina [J]. Industrial Crop and Products, 2008, 27(3): 249-256.
- [18] 江洪.云杉种群生态学[M].北京:中国林业出版社,1992:25-36.
- [19] 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.
- [20] 景宏伟,丁宁,田寅,等.靖王高速路基南北边坡柠条种群生物量分配与生长的对比研究[M].公路工程,2008,33(4):169-172.
- [21] 郭伟,潘星极,孙备,等.不同氮素条件下稗草生物量生殖分配及生殖分株数量特征[J].吉林农业大学学报,2011,33(5):478-484.
- [22] 郭伟,邓巍,潘星极,等.刈割对稻田杂草野慈姑生物量生殖分配的影响[J].西北农业学报,2011,20(8):199-202.
- [23] 郭伟,潘星极,邓巍,等.刈割对稗草生物量生殖分配及生长特性的影响[J].西南农业学报,2011,24(2):575-578.
- [24] 郭伟,邓巍,孙备,等.不同供氮水平下野慈姑生物量分配及形态可塑性的研究[J].江西农业大学学报,2011,33(3):452-457.
- [25] 邓巍,郭伟,孙备,等.不同供氮水平下野慈姑营养元素(N)的生殖分配[J].中国农学通报,2011,27(19):193-198.
- [26] 潘星极,郭伟,孙备,等.种内竞争对稗草生物量生殖分配的影响[J].河南农业科学,2011,40(9):86-89.
- [27] 张弘强,张月学,蒿若超.稗草品种与栽培密度对生物学产量影响研究初报[J].牧草与饲料,2007,1(4):28-30.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 李永丰,李宜慰,刘正道,等.抗药性杂草种群的发展及其防治对策[J].江西农业大学学报,1999,21(1):42-46.
- [31] 崔海军,吴晓丽,章忠军,等.绿草定-2-丁氧基乙酯对竹林土壤微生物的影响[J].江西农业大学学报,2011,33(6):1082-1087.
- [32] 刘金平,游明鸿.肥料和除草剂混施对老芒麦构件组成及生物量结构的影响[J].中国草地学报,2010(4):42-48.