

## 火柴头的繁殖对策和繁殖代价

陈刚<sup>1,2</sup>, 闵海燕<sup>1,2</sup>, 朱春来<sup>1,2</sup>, 孙国荣<sup>1,2\*</sup>, 张彪<sup>1,2</sup>, 杜坤<sup>1,2</sup>, 梁建生<sup>1,2</sup>

(1. 扬州大学生物科学与技术学院, 扬州 225009; 2. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 扬州 225009)

**摘要:**火柴头具有地上茎和地下生殖枝同时开花结实的特性, 产生地上大、小种子和地下大、小种子4种不同类型的种子。对4种类型种子的研究表明, 地下大种子、小种子, 地上大种子、小种子的平均百粒重有极显著差异, 分别是1.0547 g、0.4400 g、0.5980 g和0.3145 g。火柴头种子的萌发很不整齐, 特别是小种子, 萌发持续时间很长。地上大种子和地下大种子的最终萌发率没有显著差异, 均在97%左右, 但地下大种子的种子活力要明显高于地上大种子。地下小种子的萌发率要高于地上小种子, 达80%左右, 而且其种子活力也明显高于地上小种子。4种种子形成的幼苗第1片真叶的生物量有极显著差异, 其大小顺序依次是地下大种 > 地上大种 > 地下小种 > 地上小种。在正常情况下, 火柴头的繁殖投资以地上种子特别是地上小种子为主, 在面临损伤逆境条件时, 依靠高繁殖代价的地下种子特别是地下大种子, 来降低其物种生存的风险, 保持其种群的繁衍。

**关键词:**火柴头; 种子; 繁殖对策; 繁殖代价

文章编号: 1000-0933(2006)02-0521-07 中图分类号: Q143, Q945.5, Q945.79 文献标识码: A

### Reproductive strategy and reproductive cost in *Commelina benghalensis*

CHEN Gang<sup>1,2</sup>, MIN Hai-Yan<sup>1,2</sup>, ZHU Chun-Lai<sup>1,2</sup>, SUN Guo-Rong<sup>1,2\*</sup>, ZHANG Biao<sup>1,2</sup>, DU Kun<sup>1,2</sup>, LIANG Jian-Sheng<sup>1,2</sup> (1. College of Biosciences and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu 225009, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2): 521-527.

**Abstract:** *Commelina benghalensis*, a kind of invasive weed, can develop new populations through seed reproduction as well as vegetative reproduction. Besides the overground reproductive shoots, it can also generate underground reproductive shoots especially when suffered injury. Like the overground shoots, the underground shoots can develop self-pollinated flowers and improve the amount of underground seeds. Therefore, the whole plant of *C. benghalensis* can produce four types of seeds, namely, overground large(OL) seeds, overground small(OS) seeds, underground large(UL) seeds and underground small(US) seeds. But the reproductive effort of *C. benghalensis* to the four types of seeds and their reproductive strategies and reproductive cost are still unknown. In this study, the morphologic characters, germination and growth of seedlings of the four types of seeds were observed, and the reproductive effort to the four types of seed and the reproductive cost were analyzed.

The results showed that both the overground and underground shoots of *C. benghalensis* could develop capsules. In every capsule, there were one large seed and 2~4 small seeds. Studies on these four types of seeds showed significant differences in the seed weight, which were 1.0547 g, 0.4400 g, 0.5980 g and 0.3145 g per 100 seeds, respectively. The germination of small (OS and US) seeds was not synchronous and was long-drawn, and the germination rate of US seeds was 80%, obviously higher than of OS seeds, so did the seed vigor. While the germination rate of large (OL and UL) seeds was similarly 97%, the UL seeds had a

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30270234); 国家863重大科技专项资助项目(2003AA601010); 国家自然科学基金重点资助项目(50138010); 扬州大学高层次人才科研启动基金资助项目; 扬州大学生物科学与技术学院大学生科技创新基金资助项目

收稿日期: 2005-06-28; 修订日期: 2005-12-25

作者简介: 陈刚(1973~), 男, 江苏吴江人, 博士, 主要从事植物生理生态学教学与研究

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: grsun@yzu.edu.cn

**Foundation item:** The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30270234), Ministry of Science Technology 863 Program (No. 2003AA601010), Key Program of National Natural Science Foundation of China (No. 50138010), Science Foundation of High Level Scholar of Yangzhou University, Science and Technology Innovation Foundation of BBC, Yangzhou University

Received date: 2005-06-28; Accepted date: 2005-12-25

**Biography:** CHEN Gang, Ph. D., mainly engaged in plant physiology and ecology.

higher vigor than the OL seeds. The area, perimeter, length and width of first leave blades, which were developed from four types of seeds, were remarkably different, in the order of UL > OL > US > OS.

The reproductive effort of *C. benghalensis* was mainly the overground seeds, especially the overground small seeds, only very few resources were allocated to the underground seeds. And the reproductive cost of underground seeds was higher than overground seeds, but when it was injured, the underground seeds especially the underground large seeds could help the species survive and propagate normally.

**Key words:** *Commelina benghalensis*; seed; reproductive strategy; reproductive cost

繁殖对策是植物种群生态应对策的核心问题<sup>[1]</sup>,对揭示植物生殖、生存和生长之间的协同进化关系具有重要意义<sup>[2-5]</sup>。火柴头作为一种世界性的杂草<sup>[6-9]</sup>,不仅面临着生存的问题,而且在生长过程中还要与农作物、其他植物进行竞争。它的生殖枝在这种生殖、生存和生长之间的协同进化过程中形成了损伤诱导的向重力性生长特性,这种地下生殖枝和地上茎一样都能开花结实,并分别产生地上大种子、小种子,地下大种子、小种子 4 种类型的种子<sup>[10,11]</sup>,而且这种地下种子也是正常自花受精的结果<sup>[12]</sup>。火柴头的这种繁殖对策不同于落花生子房的入土膨大(其花芽分化和开花受精均在地上完成),也不同于薄荷等植物子叶节上的侧芽向地生长(形成地下茎,能进行营养繁殖)<sup>[10]</sup>。这种损伤诱导抗性有些类似于植物抵抗食草动物或病原体的诱导抗性<sup>[13-15]</sup>,但不同的是,火柴头在损伤刺激后表现为增强生殖枝的向重力生长,增加在土壤中开花结实的机会,从而使其地下种子产量增加。

然而,火柴头植株对其所产生的 4 种类型种子的繁殖投资上是否具有差异?繁殖投资的大小能否与其在种群增长中的贡献一致?等等问题尚不清楚。本文对这 4 种类型种子的形态、大小和数量以及种子萌发和幼苗的生长规律进行研究,探讨火柴头植株在形成 4 种类型种子间的繁殖投资上的差异,以及这 4 种不同繁殖对策的繁殖代价在生存竞争和物种繁衍中的生态学意义,为深入了解植物特有的繁殖生物学特性,从而寻求对该杂草更有效的防治途径提供理论基础。

## 1 材料与方法

(1)供试材料 供试的火柴头植株 2003 年秋季选自扬州大学实验农场,待其成熟后收获种子,植株地上部和地下部发育的种子分别收取,自然风干后保存。

(2)火柴头花、果实和种子的形态特征观察 在植株开花后,分别取其佛焰花序,在体视显微镜下观察花、果实和种子的形态,并用数码相机拍照。各取 100 粒风干的 4 种类型种子,用感量万分之一的天平分别称其百粒重,重复 3 次。

(3)不同类型种子的萌发观察 分别选取 100 粒地上大粒种、地上小粒种和地下大粒种、地下小粒种 4 种不同类型的种子,播于铺有湿滤纸的培养皿中,经 25℃ 恒温催芽 24 h 后,于室温下发芽。逐日记录发芽的种子数,统计各种子的萌发率和萌发势(以催芽后 10 d 的发芽率为萌发势),并按下式计算萌发系数(GI)<sup>[16]</sup>:

$$GI = \sum Gt / Dt$$

式中,  $Gt$  为逐日发芽数;  $Dt$  为相应的发芽日数。

(4)不同类型种子成苗后的生长状况 分别选取形态大小、萌发一致的 4 种种子各 20 粒,栽入装有相同土壤的塑料盘中,使其在完全相同的环境中成苗,待第 1 片真叶完全展开后,选取其中生长较一致的 5 株,每隔一定时间用数码相机拍摄其第 2 片真叶的正面形态,用图形分析软件计算其周长、面积、长轴、短轴、圆弧度、椭圆度等形态指标。

## 2 结果与分析

### 2.1 火柴头花、果实和种子的形态特征

火柴头的佛焰苞中的聚伞花序通常有 2~4 朵花,其中第 1 朵为雄花,最早开放,常伸出佛焰苞;其余为两性花,花瓣 3 枚,呈蓝紫色,雌蕊子房上位,花柱一枚,较长,呈螺旋状盘曲于花中,雄蕊 6 枚,3 长 3 短,长者盘

曲,将花柱及柱头包裹,短者不育。开花后可进行异花传粉受精结实,也可闭花(自花)授粉受精结实。蒴果三室,一室中结大种子一粒,其余两室结小种子2~4粒(图1)。另外,火柴头的地下生殖枝开花后产生的蒴果也含有一粒大种子、2~4粒小种子。

## 2.2 火柴头4种类型种子的形态大小

在火柴头4种类型的种子中,地上和地下大种子均呈椭圆形,背面隆起,分布有网状脊纹,腹面截平。地上和地下小种子呈椭圆形或长半圆形,一端截平,表面分布着网状脊纹(图1)。在4种类型种子中,地下大种子最大,其次是地上大种子,地上小种子最小。种子的风干重结果表明,地下大种子、小种子,地上大种子、小种子的平均百粒重分别是1.0547 g、0.4400 g、0.5980 g和0.3145 g,4种类型种子间均达极显著差异(图2)。其

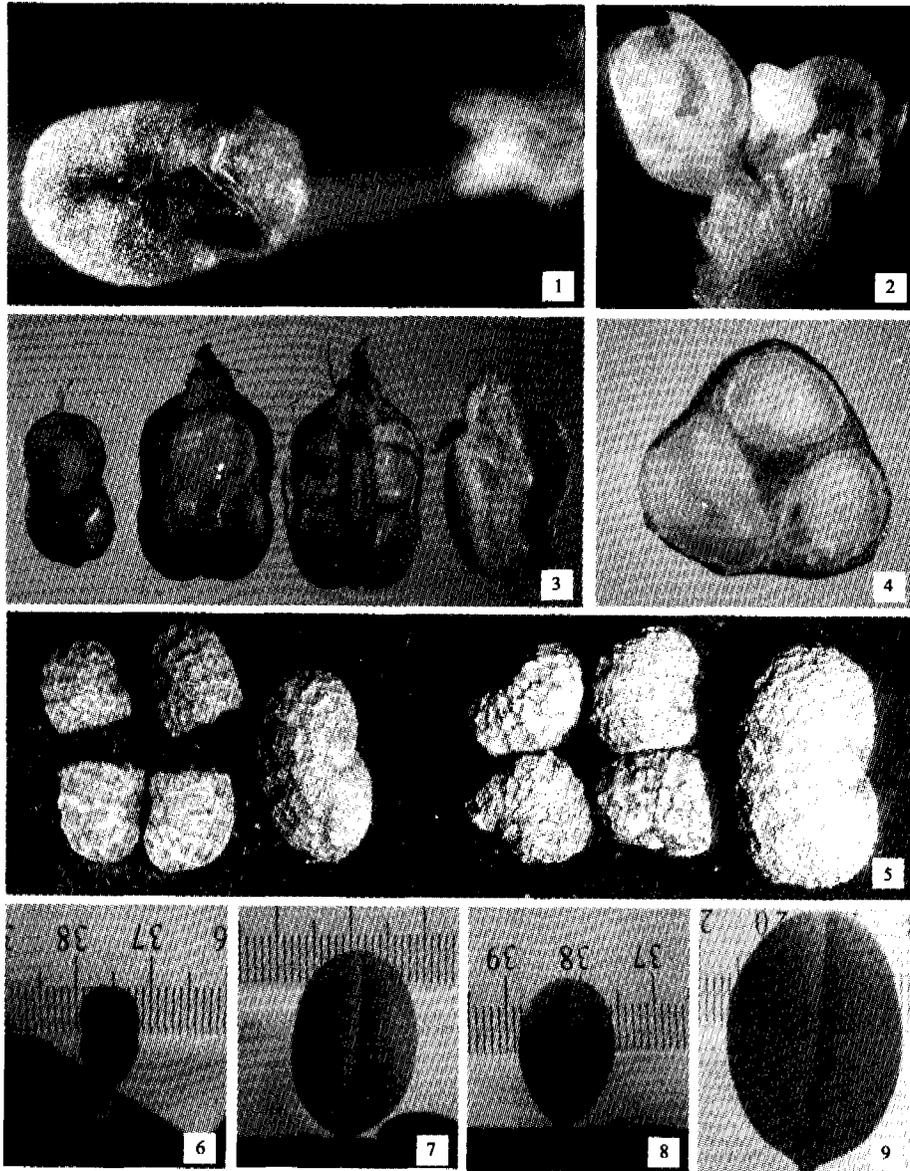


图1 火柴头不同器官的形态特征

Fig. 1 Morphologic characters of different apparatus in *Commelina benghalensis* L.

1. 尚未开放花的外观 Flower to be open; 2. 未发育成熟的花 Growing flower; 3~4. 正在发育的蒴果,示三室 The growing capsule; 5. 成熟种子,从左至右依次为:地上小种、地上大种、地下小种、地下大种 Mature seeds, left to right shows the overground small seeds, overground large seeds, underground small seeds, underground large seeds; 6~9. 依次为地上小种、地上大种、地下小种、地下大种所产生幼苗的第一片真叶(同一放大倍数) The first leaves developed from the four types of seeds

中,地下大种子的风干重是地上大种子风干重的 1.7637 倍,地下小种子的风干重是地上小种子风干重的 1.3990 倍。

### 2.3 火柴头 4 种类型种子的萌发情况

火柴头 4 种类型种子的萌发曲线均呈 S 形,可以拟合成 logistic 方程(图 3)。与大多数杂草种子一样,火柴头种子的萌发很不整齐,萌发期也很长。特别是小种子,萌发过程可以持续 40~50d。另外,4 种类型种子的萌发速率差异也很大,其中地下大种子萌发速率最大,其次是地上大种子,地上小种子的萌发速率最小。

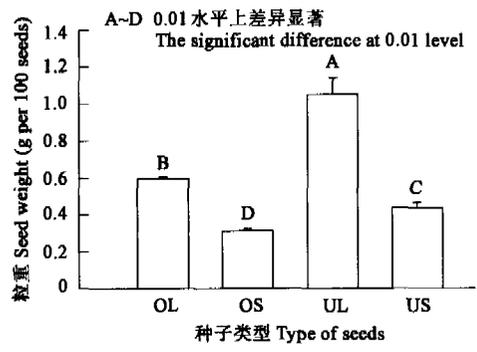


图 2 火柴头 4 种类型种子的粒重差异

Fig.2 Seed weight of four types of seeds in *Commelina benghalensis* L.

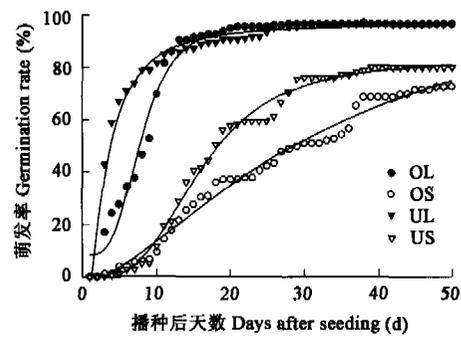


图 3 火柴头 4 种类型种子的萌发曲线

Fig.3 Germination curves of four types of seeds in *Commelina benghalensis* L.

在火柴头的 4 种类型种子中,地上大种子和地下大种子的最终萌发率没有显著差异,均在 97% 左右(图 4)。但从萌发势和萌发系数来看,地下大种子分别达 81.67% 和 41.07,而地上大种子为 70% 和 27.76,明显低于地下大种子,说明地下大种子的种子活力要明显高于地上大种子。对于小种子来说,其萌发率明显低于大种子,地下小种子的萌发率要高于地上小种子,达 80% 左右,而且其萌发势和萌发系数也明显高于地上小种子。但无论是地上小种子还是地下小种子,其萌发势和萌发系数均远远低于大种子。

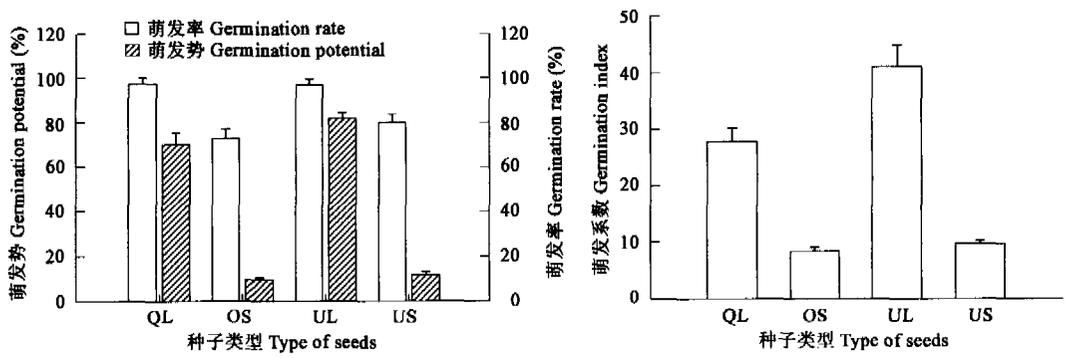


图 4 火柴头 4 种类型种子的萌发率、萌发势和萌发系数比较

Fig.4 Germination rate, potential and index of four types of seeds in *Commelina benghalensis* L.

### 2.4 火柴头 4 种类型种子成苗后第 1 片真叶的生长情况

2.4.1 生物量的变化 火柴头 4 种类型的种子萌发成苗后,其第 1 片真叶完全展开后的叶面积、周长、长、宽变化均呈“S”型(图 5),可以拟合成 logistic 方程。如经过拟合后,地下大种、地下小种、地上大种、地上小种的叶面积方程分别为:

$$y_1 = 2.2143 / (1 + (x_1 / 10.6819)^{-19.7789}) + 3.9916 \quad R_1^2 = 0.9416, p < 0.01;$$

$$y_2 = 1.1427 / (1 + (x_2 / 16.7186)^{-18.961}) + 0.8008 \quad R_2^2 = 0.9780, p < 0.01;$$

$$y_3 = 2.8350 / (1 + (x_3 / 9.8000)^{-44.9179}) \quad R_3^2 = 0.7997, p < 0.01;$$

$$y_4 = 0.0769 / (1 + (x_4 / 13.0947)^{-319.6005}) + 0.7971 \quad R^2 = 0.6069, p < 0.05$$

而且,4 种幼苗第 1 片真叶的面积均有极显著差异,其大小顺序依次是地下大种 > 地上大种 > 地下小种 > 地上小种(图 5,A)。叶片的周长、长、宽等在各类型间的差异同叶面积相似(图 5,B、C、D)。另外,地上种幼苗的第 1 片真叶从展开到定长所需时间比相应的地下种幼苗要短,特别是地上小种子的幼苗,其第 1 片真叶完全展开时就基本定长了。

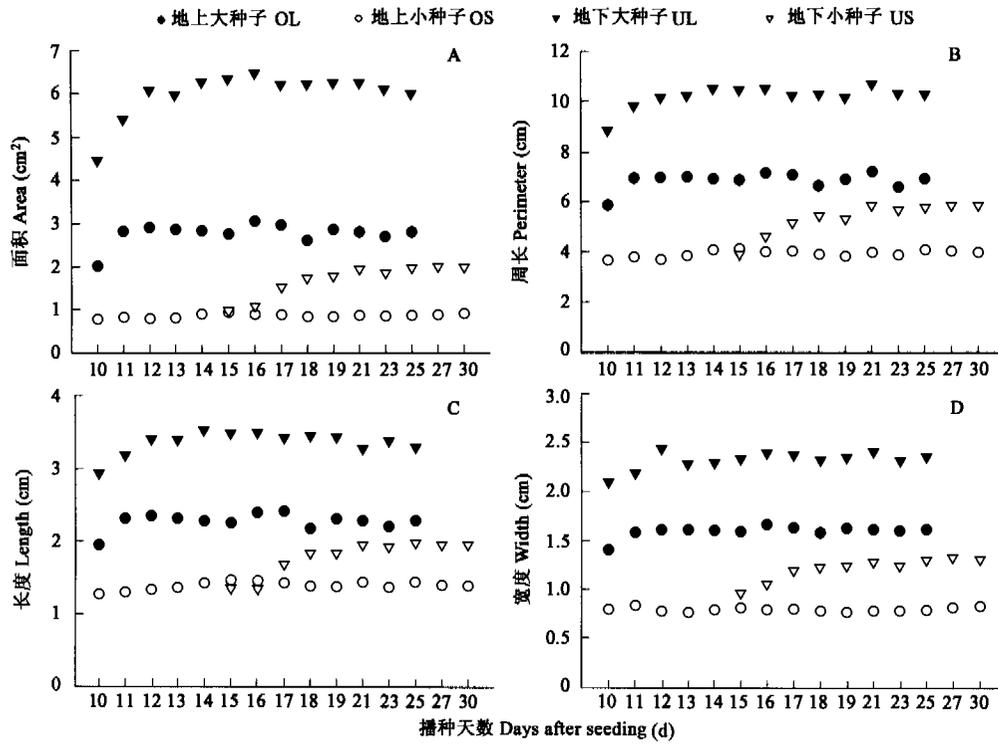


图 5 火柴头 4 种类型种子成苗后第 1 片真叶的叶面积、周长、长和宽的变化

Fig.5 Biomass changes of the first leaves in the seedlings from four types of seeds in *Commelina benghalensis* L.

2.4.2 叶片的形态变化 从各类型种子的幼苗第 1 片真叶的椭圆度和圆形度变化(图 6)中可以看出,各类型种子产生的第 1 片真叶自完全展开到定长,其形态变化不大。其中,地上大种、地下大、小种的幼苗第 1 片真叶的椭圆度和圆形度相差不大,但与地上小种的有较大差异,即地上大种、地下大、小种的幼苗第 1 片真叶形态很相似,呈短椭圆形;而地上小种的幼苗第 1 片真叶呈长椭圆形(图 1-6 ~ 图 1-9)。

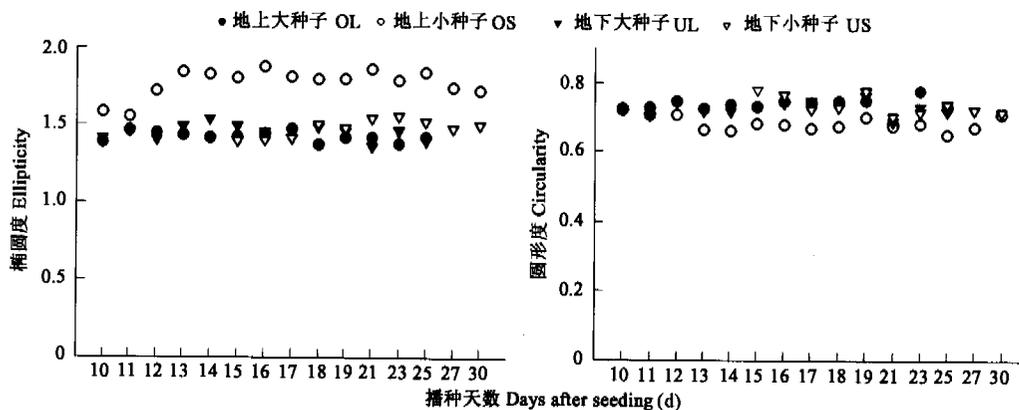


图 6 火柴头 4 种类型种子成苗后第 1 片真叶的形态变化

Fig.6 Modal changes of the first leaves in the seedlings from four types of seeds in *Commelina benghalensis* L.

### 3 讨论

植物的繁殖对策是指植物在其生活史过程中,通过最佳的资源分配格局,以其特有的繁殖属性去适应环境,提高植物适合度的自组织过程,是资源或能量向生存、生长和生殖等活动中最适分配的结果<sup>[17]</sup>。其适应对象是生存环境,最终目标是提高自身的适合度。物种适合度的两个成分是生存和繁殖,当物种在某个环境中具有较高的适合度时,可以认为此环境适合于该物种的生存<sup>[18]</sup>。和大多数1年生植物一样,火柴头的繁殖分配要比一般的多年生植物要高<sup>[19,20]</sup>。火柴头除了能正常进行有性繁殖外,还可以通过匍匐茎进行无性繁殖。有性繁殖产生的子代种群有较高的遗传可变性,对提高火柴头适应不同环境的能力方面有优越性;而营养繁殖产生的每个子代尽管资源投资较高,但其存活率比由种子形成的幼苗高得多,而且其形成的聚群体更易占领新的生境。因此,火柴头繁殖产生的新个体越多,占据的生境范围越大,繁殖的收益就多,适合度就高。有性繁殖还增加种群的遗传多样性,提高种群的适应能力,繁殖的收益就更多,适合度就会更高<sup>[21]</sup>。另外,在长期的协同进化过程中还形成了生殖枝的向重力性生长特性,产生地下种子。在植株受到虫蚀、机械损伤或人为划割较多枝叶后,生殖枝的向重力生长发生时间早,且形成的生殖枝多。

表1 火柴头不同类型种子的资源配置

Table 1 Resource allocation of different types of seeds in *Commelina benghalensis* L.

	地上小/地上大 OS/OL	地下小/地下大 US/UL	地上大/地下大 OL/UL	地上小/地下小 OS/US	地上/地下 O/U
种子数量 Seed number	3.79	2.50	4.90	7.42	6.70
百粒重 Seed weight	0.53	0.42	0.63	0.71	0.61
种子总重量 Total seed weight	1.99	1.04	2.78	5.30	4.07
萌发率 Germination rate	0.75	0.83	1.01	0.91	0.96
萌发势 Germination potential	0.13	0.14	0.86	0.81	0.85
萌发系数 Germination index	0.30	0.24	0.68	0.86	0.71
第1叶面积 Leaf area	0.30	0.31	0.46	0.45	0.46
第1叶长度 Leaf length	0.61	0.56	0.67	0.73	0.69
第1叶宽度 Leaf width	0.50	0.54	0.69	0.63	0.67

然而,火柴头植株对其所产生的4种类型种子的繁殖投资之间是否具有差异呢?从种子总重量和总数量来看,对于地上和地下种子来说,其资源趋向分配给地上种子,因为地上种子的总数是地下种子数量的6.7倍(表1),而地上种子的总重量则是地下种子的4.07倍。对于小种子和大种子而言,小种子的数量远多于大种子,小、大种子的数量比可达3.6:1<sup>[22]</sup>,说明其资源趋向分配给小种子。尽管大种子(特别是地下大种子)的粒重要明显高于小种子,但地下小种子的总重量略高于地下大种子,地上小种子的重量则接近于地上大种子的2倍,是地下小种子的5.3倍。这些均说明在正常情况下,火柴头的繁殖投资是以地上种子特别是地上小种子为主,只有少量资源投向地下种子。另外,火柴头地上部的有性繁殖构件(包括花苞、果实、花序及其茎等)均能进行光合作用,这样能减少来自营养器官的繁殖投资,而地下生殖构件则无光合能力,这会加重营养器官的繁殖投资。因此,与地上种子相比,火柴头形成地下种子的繁殖代价相对较高。然而地下种子在维持后代种群增长中的作用是不可低估的,而且这种繁殖对策对火柴头种群繁衍有利,尤其是火柴头作为田间杂草,经常会面临损伤逆境条件,这种高繁殖代价的繁殖策略在降低其物种生存风险,增强其后代种群增长等方面起着重要作用。

尽管火柴头在4种类型种子之间的繁殖投资不同,但还不能够说明这种不同在新种群形成中不同类型种子的贡献上的差异。由于地下大种子和地上大种子的种子活力明显高于小种子,种子萌发迅速、整齐,而且萌发形成的幼苗第一片真叶的生物量和生长速率也比小种子高,因此可以推测,火柴头的地下大种子和地上大种子主要是在生长初期能迅速出苗占据空间,形成初始种群;而小种子特别是地上小种子无论是萌发率、萌发势、萌发系数,还是萌发幼苗第一片真叶的生物量和生长速率都不如相应的大种子,而且其萌发很不整齐,萌发期较长(表1和图3、图4、图5),因此可以推测,火柴头的小种子特别是地上小种子在初始种群形成后,通过持续出苗及其数量优势,进一步扩大其种群,即使遇到损伤逆境条件,也可能通过其持续萌发出苗,重新形成

新的种群,从而在竞争中占据优势。

综上所述,火柴头作为一种恶性杂草,除了能进行有性繁殖和无性繁殖,具有高的适合度外,它还有其特殊的繁殖对策。一方面,其繁殖投资以小种子特别是地上小种子为主,依靠小种子的量及持续萌发出苗,使其在生存竞争中取得优势;另一方面,在面临损伤逆境条件时,依靠高繁殖代价的地下种子特别是地下大种子,来降低其物种生存的风险,保持其种群的繁衍。

## References:

- [ 1 ] Su Z X, Zhang S L, Zhong Z C. Advances in plant reproductive ecology. Chinese Journal of Ecology, 1998, 17(1): 39 ~ 46.
- [ 2 ] Newell S J, Frammer E J. Reproductive strategies in herbaceous plant communities during succession. Ecology, 1978, 59: 228 ~ 234.
- [ 3 ] Waite S, Hutchings M J. Plastic energy allocation patterns in *Plantago coronopus*. Oikos, 1982, 38: 333 ~ 342.
- [ 4 ] Schiel D R. Growth survival and reproduction of two species of marine algae at different diversities in natural stands. Journal of Ecology, 1985, 3: 199 ~ 217.
- [ 5 ] Zhong Z C. Reproductive strategies of plant populations. Chinese Journal of Ecology, 1995, 14(1): 37 ~ 42.
- [ 6 ] Maheshwari P, Singh B. A preliminary note on the morphology of the aerial and underground flowers of *Commelina benghalensis* Linn. Current Science, 1934, 3: 158 ~ 160.
- [ 7 ] Walker S R, Evenson J P. Biology of *Commelina benghalensis* L. in south-eastern Queensland 1. Growth, development and seed production. Weed Research, 1985, 25: 239 ~ 244.
- [ 8 ] Li Y H. Records of weeds in China. Beijing: China Agricultural Press, 1988, 1045 ~ 1046.
- [ 9 ] Yin L P, Yan Y S. Illustrated handbook of weed seed. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1996. 228.
- [ 10 ] Jin Y G. Biological characteristics of the potential weed, *Commelina benghalensis*. Weed Science, 1994, (1): 10 ~ 13.
- [ 11 ] Qiang S. Weed science. Beijing: China Agricultural Press, 2001. 12 ~ 13.
- [ 12 ] Chen J M, Qing Q L, Tang T, et al. Studies on chromosomal karyotype and ribosome genes in Bengal dayflower (*Commelina benghalensis* L.) by fluorescent in situ hybridization, Weed Science, 2004, (1): 1 ~ 4.
- [ 13 ] Sharon Y S, Jennifer A R, Jennifer A L, et al. Direct and ecological costs of resistance to herbivory. Trends in Ecology & Evolution, 2002, 17(6): 278 ~ 285.
- [ 14 ] Walling L L. Induced resistance: from the basic to the applied. Trends in Plant Science, 2001, 6: 445 ~ 477.
- [ 15 ] Heil M. The ecological concept of costs of induced systemic resistance(ISR). European Journal of Plant Pathology, 2001, 107: 137 ~ 146.
- [ 16 ] Fu J R. Seed physiology. Beijing: Science Press, 1985.
- [ 17 ] He W M, Zhong Z C. Conception and research content of reproductive strategies. Journal of Biology, 1997, 14(6): 1 ~ 3.
- [ 18 ] Cao G X, Zhong Z, Xie D T, et al. Genetic variation and reproductive fitness components of *Gordonia acuminata* in different communities. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(1): 13 ~ 17.
- [ 19 ] Bazzaz F A, Chiaraiarello N R, Coley P D, et al. Allocating resources to reproduction and defense. BioScience, 1987, 37(1): 58 ~ 67.
- [ 20 ] Wilson A M, Thompson K A. A comparative study of reproductive allocation in 40 British grasses. Functional Ecology, 1989, 3(3): 297 ~ 320.
- [ 21 ] Chen S, Ma Y, Li Z Z, et al. Analysis and measurement of the fitness of seed reproduction and vegetative reproduction of clonal plant. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(2): 287 ~ 290.
- [ 22 ] Geng Z M, Wei C F, Xiong H S, et al. Morphological characteristic of four kinds of seed of bengal dayflower, Weed Science, 2004, (3): 10 ~ 12.

## 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. 生态学杂志, 1998, 17(1): 39 ~ 46.
- [ 5 ] 钟章成. 植物种群的繁殖对策. 生态学杂志, 1995, 14(1): 37 ~ 42.
- [ 8 ] 李扬汉. 中国杂草志. 北京: 中国农业出版社, 1998, 1045 ~ 1046.
- [ 9 ] 印莉萍, 颜玉树. 杂草种子图鉴. 北京: 农业科技出版社, 1996. 228.
- [ 10 ] 金银根. 潜在杂草火柴头生物学特性初探. 杂草科学, 1994, (1): 10 ~ 13.
- [ 11 ] 强胜. 杂草学. 北京: 中国农业出版社, 2001, 12 ~ 13.
- [ 12 ] 陈建民, 秦秋琳, 汤廷, 等. 火柴头染色体核型及核糖体基因原位杂交研究. 杂草科学, 2004, (1): 1 ~ 4.
- [ 16 ] 傅家瑞. 种子生理. 北京: 科学出版社, 1985.
- [ 17 ] 何维明, 钟章成. 植物繁殖对策的概念及其研究内容. 生物学杂志, 1997, 14(6): 1 ~ 3.
- [ 18 ] 操国兴, 钟章成, 谢德体, 等. 四川大头茶在不同群落中的遗传分化及适合度成分. 生态学报, 2005, 25(1): 13 ~ 17.
- [ 21 ] 陈尚, 马艳, 李自珍, 等. 克隆植物种子繁殖和营养繁殖的适合度分析和度量. 生态学报, 1999, 19(2): 287 ~ 290.
- [ 22 ] 耿志明, 魏传芬, 熊恒硕, 等. 火柴头四种不同类型种子的形成特征观察. 杂草科学, 2004, (3): 10 ~ 12.