

火柴头 (*Commelina benghalensis*) 实生 植株资源配置及繁殖代价

闵海燕^{1,2}, 陈 刚², 孙国荣^{2,*}, 王 聪², 刘爱平², 杜 坤², 张 彪²

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

摘要: 火柴头具有地上和地下生殖枝开花结实的特性, 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 种类型种子实生植株的研究表明, 4 种类型种子实生植株个体水平上对新种群的贡献具有差异, 地上大种子表现为最大, 地下小种子则最小; 4 种类型种子实生植株在资源的繁殖配置上存在着差异, 大种子尤其地上大种子对有性繁殖的资源分配最大, 而地下小种子最小, 这种差异又决定了在繁殖投资和繁殖代价上的差异, 小种子特别是地下小种子实生植株的繁殖投资最小, 而大种子特别是地上大种子实生植株的繁殖投资最大; 从繁殖代价来看, 大种子实生植株的繁殖代价之间差异不显著, 而大种子实生植株的繁殖代价显著小于小种子实生植株的, 地上小种子实生植株的繁殖代价显著小于地下小种子实生植株的。

关键词: 火柴头; 生殖对策; 资源配置; 繁殖投资; 繁殖代价

文章编号: 1000-0933(2008)04-1802-08 中图分类号: Q145, Q948 文献标识码: A

Resource allocation and reproductive cost of plants from four types of seedlings of *Commelina benghalensis*

MIN Hai-Yan^{1,2}, CHEN Gang², SUN Guo-Rong^{2,*}, WANG Cong², LIU Ai-Ping², DU Kun², ZHANG Biao²

1 Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

2 College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(4): 1802 ~ 1809.

Abstract: Plants of *Commelina benghalensis* L. can produce four types of seeds, overground large (OL) seeds, overground small (OS) seeds, underground large (UL) seeds and underground small (US) seeds. Studies on these four types of plants showed results as follows: in contribution to new generation of individual plant, OL made the most while UL made the least, in reproductive allocation, plants from OL had most resource allocation to sexual reproduction yet UL had the least, which caused differences in reproductive effort and reproductive cost among four types of plants. Plants from UL had the least reproductive effort yet OL had the most. Reproductive costs of plants from large seeds were significantly less than those of plants from small seeds, and reproductive costs of plants from OS were also significantly less than those of plants from US, but differences between two types of large seeds were not significant.

Key Words: *Commelina benghalensis*; reproductive strategy; resource allocation; reproductive effort; reproductive cost

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30600073 和 30770344)

收稿日期: 2007-01-07; 修订日期: 2007-12-12

作者简介: 闵海燕 (1981 ~), 女, 江苏淮安人, 硕士生, 主要从事植物生理生态学研究. E-mail: hymin1981@sina.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gsr@yzu.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30600073 and No. 30770344)

Received date: 2007-01-07; **Accepted date:** 2007-12-12

Biography: MIN Hai-Yan, Master candidate, mainly engaged in plant physiology and ecology. E-mail: hymin1981@sina.com.cn

生殖对策是研究植物种群生态适应对策的核心问题^[1],它不仅能反映植物在其生活史过程中的生存策略,同时也对揭示生殖、生存和生长之间的协同进化关系具有重要意义^[2~6]。研究资源在植物不同构件中的配置方式则是了解植物生殖对策的重要途径^[7~9]。

火柴头 (*Commelina benghalensis* L.) 作为一种世界性的杂草^[10~13],具有地上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^[14~16]。从种子的总数量、总重量和粒重分析,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^[16],所以形成地下种子的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可能起着重要作用。尽管火柴头在 4 种类型种子之间的繁殖投资不同,并且在种子萌芽和形成幼苗的阶段,地上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地下种子,但还不能够说明不同类型种子形成新种群时,在贡献上的差异^[16],而对资源在火柴头 4 种类型种子实生植株不同构件中的配置方式的研究,则可说明它们之间的差异,在此基础上,更有助于解析这种高繁殖代价的繁殖对策在火柴头种群生态适应中的作用,揭示其生殖、生存和生长之间的协同进化关系。因此,本文以实验室内培养的火柴头 4 种类型种子实生植株为对象,研究其资源配置,以探讨火柴头 4 种类型种子形成新种群时在贡献上的差异、资源在不同构件中的配置方式以及繁殖分配、投资和代价特异性。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试的火柴头种子于 2005 年秋季采集自扬州大学实验农场,植株地上部和地下部发育的种子分别收取,分为 4 种类型火柴头种子,即地上大种 (OL)、地下大种 (UL)、地上小种 (OS) 和地下小种 (US),自然风干后保存。

1.2 材料培养

将火柴头 4 种类型的种子分别催芽 (25℃ 烘箱),待种子露白后,移植于盛有 Hoagland 营养液的塑料盆中培养,每种类型种子实生植株 25 株。植株长出第二片真叶后,随机选择 20 株,用黑色塑料布将地下部遮光培养,定期补充水分、通气补给氧气。

1.3 生物量测定

随时收取凋落的枝叶和成熟的花苞。120 d 后分株收取植株,肢解各个构件 (包括根、茎、叶、地上和地下花苞),称鲜重,烘干 (105℃ 灭活 30 min, 80℃ 烘干至衡重) 后,称干重。

1.4 数据统计分析

数据记录后,采用 SigmaPlot 2000 统计软件进行相关分析并作图,具有显著差异 ($p < 0.05$) 的用不同字母表示。

2 结果与分析

2.1 实生植株总生物量

火柴头 4 种种子实生植株的总生物量以地上大种 (OL) 实生植株最大,显著大于其它 3 种种子实生植株的总生物量,地下小种 (US) 实生植株的总生物量最小,显著小于其它 3 种种子的实生植株的总生物量,地下大种 (UL) 实生植株的总生物量略大于地上小种 (OS) 实生植株的总生物量 (图 1)。结果说明,地上大种的实生植株在当代种群生物量的增长量最大,而在相同的生长期,地下小种实生植株的增长量最小,地下大种、地上小种的则处于两者之间;即火柴头 4 种种子实生植株对当代种群生物量增长的贡献具有差异。

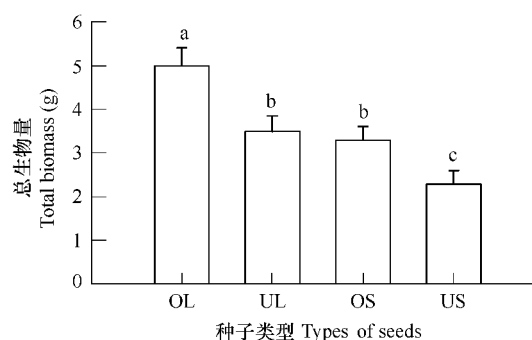


图 1 4 种种子实生植株的总生物量

Fig. 1 Total biomass of plants from four types of seeds

2.2 实生植株的各个构件生物量

比较4种种子各个构件生物量的大小(图2)可以看出,US实生植株各个构件(根、茎、叶、花苞)的生物量都显著小于其它3种类型种子的相应构件生物量。OL实生植株各个构件(根、茎、叶、花苞)的生物量都大于其它3种类型种子的;除根构件外,差异均达到显著水平。UL与OS实生植株根、茎、叶构件之间的差异均未达到显著水平,但UL实生植株的花苞生物量显著大于OS实生植株(图2)。

2.3 营养构件生物量占总生物量的比重

火柴头4种种子实生植株营养构件生物量占总生物量的比重以US的最大,OS的次之,UL的略大于OL的,但两者差异不显著。说明,4种种子实生植株在相同生长期,小种子实生植株的资源对营养生长的分配要显著大于大种子实生植株的,两种小种子实生植株之间在营养生长资源分配上也存在显著差异(图3)。

2.4 4种种子实生植株的繁殖分配

4种种子实生植株总花苞生物量占植株总生物量比重的大小顺序如下:OL > UL > OS > US,且差异均达到显著水平(图4M)。表明火柴头4种种子实生植株在有性繁殖中的资源分配上存在显著差异,大种子实生植株的繁殖分配大于小种子,且以地下小种子实生植株的繁殖分配最小。地上花苞生物量占植株总生物量的比重以OS最小,显著小于其它3种类型,OL略大于UL,两者都显著大于US(图4N)。地下花苞生物量占总生物量的比重以OL最大,US最小,但4种类型之间的差异均不显著(图4P)。

2.5 火柴头4种种子实生植株的繁殖投资

繁殖构件生物量与营养构件生物量的比值表征着繁殖投资的大小。4种种子实生植株花苞生物量与营养构件生物量比值的大小顺序如下:OL > UL > OS > US(图5M)。表明大种子的繁殖投资显著大于小种子的,大种子之间的差异不显著,OS的显著大于US的。说明在相同条件下,地下小种子实生植株的繁殖投资最小,地上大种子实生植株的繁殖投资最大。植株地上花苞生物量、地下花苞生物量与营养构件的比值大小均为:OL > UL > OS > US,从地上花苞的繁殖投资来看,大种子显著大于小种子,而地下花苞4种类型之间的差异均不显著(图5N,5P)。

2.6 各个构件生物量之间的关系

4种种子实生植株地上构件与地下构件生物量均呈显著的线性关系(回归方程和相关系数分别为: $y_{OL} = 0.0333x + 0.0743, r^2 = 0.4460$; $y_{UL} = 0.0535x + 0.0283, r^2 = 0.6284$; $y_{OS} = 0.0465x + 0.0286, r^2 = 0.6153$; $y_{US} = 0.0336x + 0.0528, r^2 = 0.5757$;图6M)。4种种子实生植株根与茎生物量亦均呈显著的线性关系(回归方程和相关系数分别为: $y_{OL} = 0.2773x + 0.6321, r^2 = 0.5940$; $y_{UL} = 8.0049x + 0.1158, r^2 = 0.7084$; $y_{OS} = 10.1305x + 0.0118, r^2 = 0.8431$; $y_{US} = 11.2544x - 0.0926, r^2 = 0.6496$;图6N)。4种种子实生植株茎与花苞生物量均呈显著

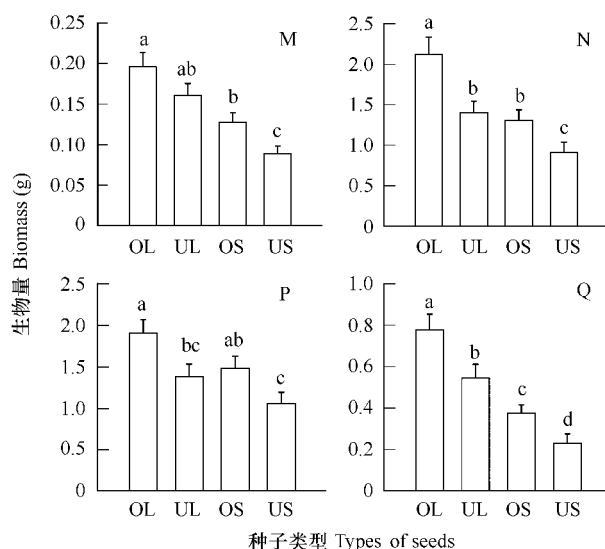


图2 4种种子实生植株各个构件生物量

Fig. 2 Biomass of each kind of module of plants from four types of seeds

M:根 root, N:茎 stem, P:叶 leaf, Q:花苞 flower

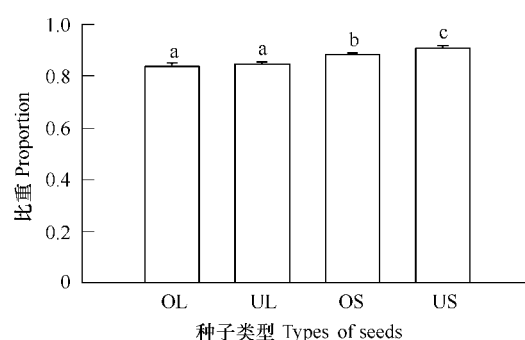


图3 4种种子实生植株营养构件生物量占总生物量的比重

Fig. 3 Proportion of biomass of nutrient modules to total biomass of plants from four types of seeds

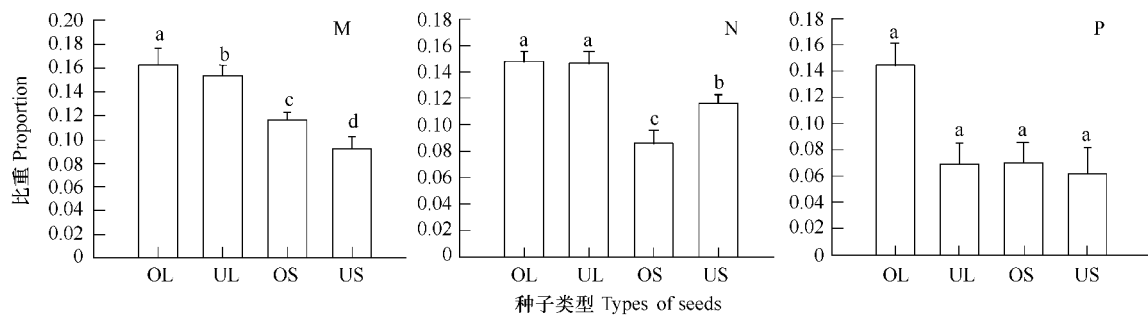


图 4 4 种种子实生植株繁殖构件生物量占植株总生物量的比重

Fig. 4 Proportions of reproductive modules to total biomass of plants from four types of seeds

M: 总花苞 total flowers, N: 地上花苞 overground flowers, P: 地下花苞 underground flowers

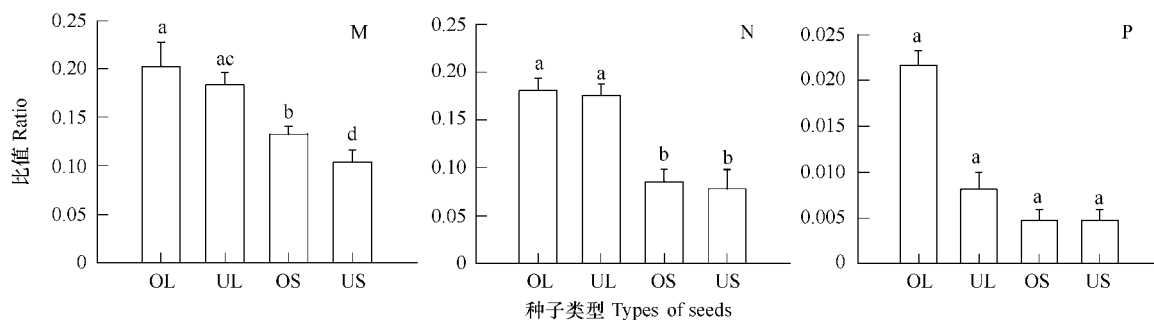


图 5 4 种种子实生植株繁殖构件生物量与营养构件生物量的比值

Fig. 5 Ratios of biomass of reproductive modules to nutrient modules of plants from four types of seeds

M: 总花苞 total flowers, N: 地上花苞 overground flowers, P: 地下花苞 underground flowers

的线性关系(回归方程和相关系数分别为: $y_{OL} = 0.3149x + 0.0934, r^2 = 0.6843$; $y_{UL} = 0.4208x - 0.0450, r^2 = 0.7633$; $y_{US} = 0.2518x + 0.0481, r^2 = 0.6987$; $y_{OS} = 0.3003x - 0.0425, r^2 = 0.7140$; 图 6P)。可以看出火柴头 4 种种子实生植株各构件生物量之间的关系不同,体现在不同类型种子实生植株不同构件之间的相关系数不同,即相关关系的强弱不同。

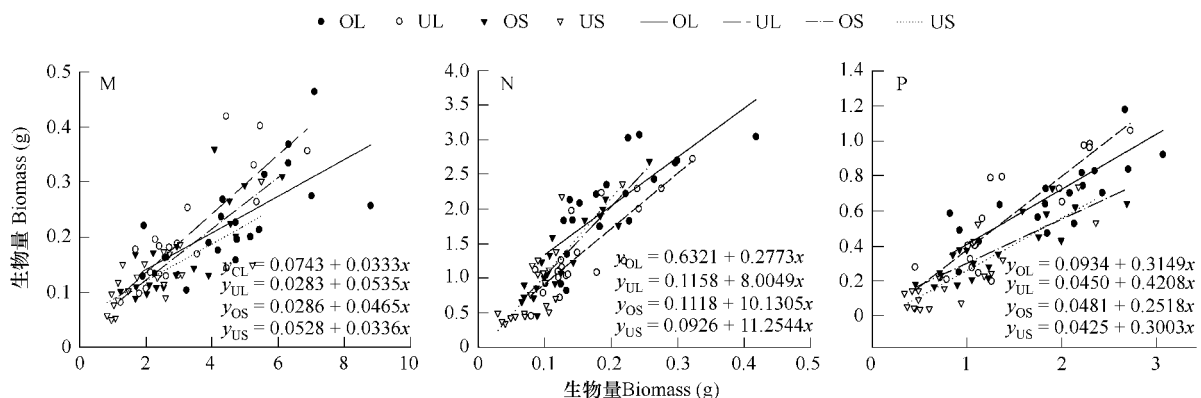


图 6 4 种种子实生植株各个构件生物量之间的关系

Fig. 6 Relationship between biomass of varied modules of plants from four types of seeds

M: 地下构件与地上构件 between underground and overground modules, N: 根与茎 between root and stem, P: 茎与花苞 between stem and flowers

2.7 各个构件占总生物量的比重之间的关系

地上种子(OL、OS)实生植株根生物量占总生物量比重与茎占总生物量比重呈显著的非线性关系($y_{OL} =$

$0.0005/x^2 - 0.0245/x + 0.6997, r^2 = 0.3277$ 和 $y_{UL} = -0.0002/x^2 + 0.0173/x + 0.1598, r^2 = 0.3031$), 而地下种子(UL、US)此关系不显著(图 7M)。US 种子实生植株根占总生物量比重与叶占总生物量比重呈显著的线性关系($y_{US} = 2.7698x + 0.3528, r^2 = 0.5790$) (图 7N)。US 种子实生植株根占总生物量比重与花苞占总生物量比重呈显著的线性关系($y_{US} = 2.3813x + 0.1963, r^2 = 0.4455$) (图 7P)。

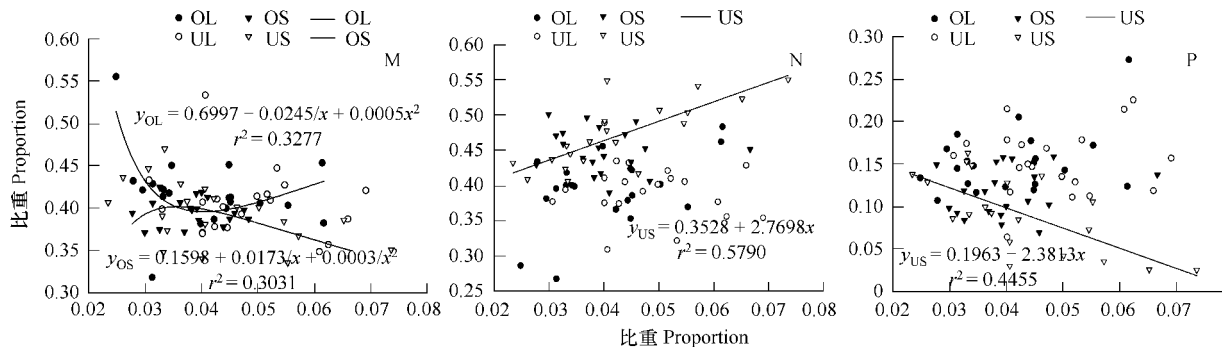


图 7 4 种种子实生植株各个构件占总生物量比重之间的关系

Fig. 7 Relationship between proportions of varied modules of plants from four types of seeds

M: 根与茎 between root and stem, N: 根与叶 between root and leaves, P: 根与花苞 between root and flowers

UL、US 和 OL 种子实生植株茎占总生物量比重与叶占总生物量比重呈显著的非线性关系($y_{UL} = -0.7320/x^3 + 4.9647/x^2 - 10.9681/x + 8.2418, r^2 = 0.4104$; $y_{US} = -0.5377/x^3 + 3.9634/x^2 - 9.5308/x + 7.9267, r^2 = 0.3209$; $y_{OL} = 0.1255/x^3 - 1.1907/x^2 + 3.5189/x + 2.9284, r^2 = 0.4512$), 而 OS 的关系不显著(图 8M)。

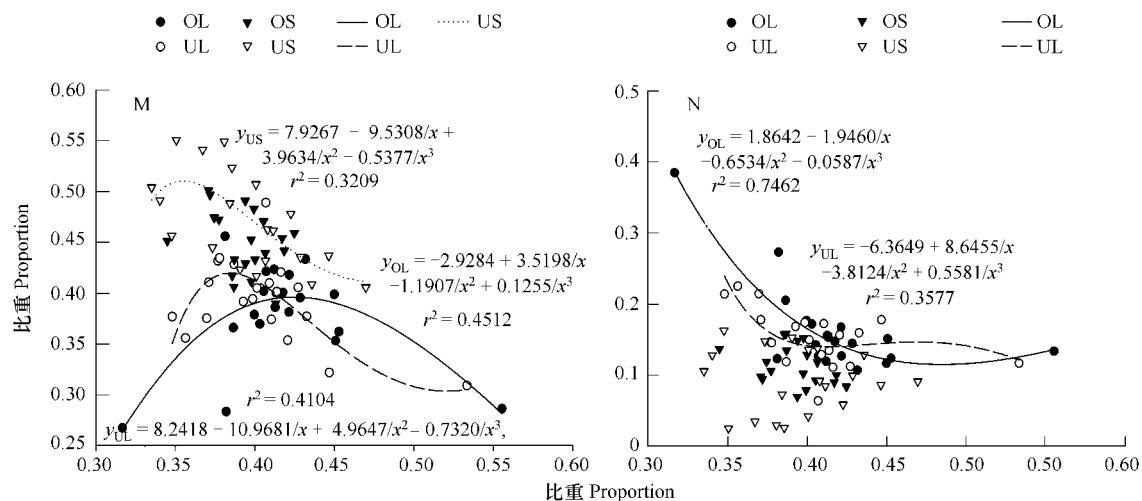


图 8 4 种种子实生植株各个构件占总生物量比重之间的关系

Fig. 8 Relationship between proportions of varied modules of plants from four types of seeds

M: 茎与叶 between stem and leaves, N: 茎与花苞 between stem and flowers

UL 和 OL 种子实生植株茎生物量占总生物量比重与花苞生物量占总生物量比重呈显著的非线性关系($y_{OL} = -0.0587/x^3 + 0.6534/x^2 - 1.9460/x + 1.8642, r^2 = 0.7462$; $y_{UL} = -0.5581/x^3 - 3.8124/x^2 + 8.6455/x - 6.3649, r^2 = 0.3577$), 而 US 和 OS 的关系不显著(图 8N)。

UL、OL 和 OS 实生植株叶生物量占总生物量的比重与花苞生物量占总生物量的比重呈显著的非线性关系($y_{UL} = 2.9557e^{-7.4683x}, r^2 = 0.4926$; $y_{OL} = 1.2427e^{-5.4739x}, r^2 = 0.5703$; $y_{OS} = 2.2788e^{-6.6534x}, r^2 = 0.6977$), 而 US 的关系不显著(图 9)。

OL 种子实生植株茎生物量占总生物量比重与地下花苞生物量占总生物量比重呈显著的非线性关系($y_{OL} = 0.1975/x^3 - 1.2670/x^2 + 2.6941/x - 1.8958$, $r^2 = 0.9859$),而其它 3 种类型种子的关系均不显著(图 10M)。大种子(OL 和 UL)实生植株地下茎生物量占总生物量比重与地下花苞生物量占总生物量比重呈显著的线性关系($y_{OL} = 7.5831x - 0.0226$, $r^2 = 0.4458$; $y_{UL} = 0.8915x + 0.0028$, $r^2 = 0.3593$),而小种子(OS 和 US)之间的关系不显著(图 10N)。

3 讨论

3.1 火柴头 4 种类型种子新种群形成中不同类型种子的贡献上的差异

火柴头地上种子实生植株的平均生物量大于地下种子实生植株的平均生物量,其中地上大种实生植株在新种群中每株的平均生物量最大,地下小种实生植株每

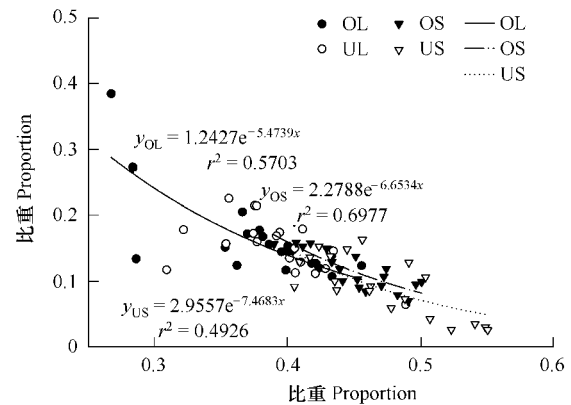


图 9 4 种种子实生植株叶和花苞生物量占植株总生物量的比重之间的关系

Fig. 9 Relationship between proportions of leaves and flowers to total biomass of plants

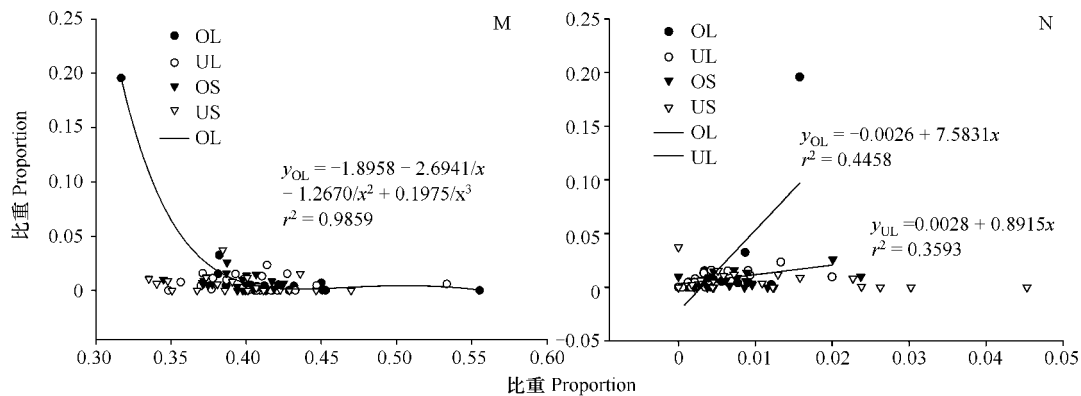


图 10 4 种种子实生植株茎和花苞生物量占植株总生物量的比重之间的关系

Fig. 10 Relationship between proportion of stem and flowers to total biomass of plants from four types of seeds

M: 茎与地下花苞 between stem and underground flowers, N: 地下茎与地下花苞 between underground stem and underground flowers

株的平均生物量最小(图 1),说明 4 种类型的种子在新种群的贡献上也具有差异,地上大种子表现为最大,地下小种子则最小。前期研究工作的结果中,4 种幼苗第一片真叶的面积(在生长初期)大小顺序依次是地下大种 > 地上大种 > 地下小种 > 地上小种,本实验得出地上大种实生植株平均生物量大于地下大种,两者并不相冲突的,因为地上种子幼苗的第一片真叶从展开到定长所需时间比相应的地下种子幼苗要短^[16],因而,在相同生长期,使得地上种子实生植株的平均生物量大于地下种子的。但是,这种差异不能简单地理解为地上大种子对新种群的绝对贡献最大,从种群后代的延续角度看,植株在产生 4 种类型种子的数量上具有极大差异^[16,20],并且地上种子无论是萌发率、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地下种子^[16]。

3.2 各构件生物量之间的关系

淮虎银等对同一生境下两种车前属植物资源配置的物种特异性比较研究认为各构件生物量间的关系具有种间特异性^[9]。回归分析结果(图 6)表明,火柴头 4 种类型种子实生植株各构件生物量之间均呈显著的线性相关关系,说明 4 种种子实生植株遵循火柴头这一物种在各个构件生长相关性上的基本属性,且 4 种类型种子在染色体核型及核糖体基因原位杂交上没有差异^[21]。而 4 种种子实生植株各构件间的回归关系在相关

系数等方面所表现出来的差异则表明该物种在其发育早期已赋予了不同类型种子不同的生长相关之特性,包括在萌发率、萌发势、萌发系数、萌发幼苗第一片真叶的生物量和生长速率^[16]以及各构件生物量(图2)等方面所表现出的差异,与遗传物质的表达有关,可借助于分子生物学技术方法进行相关研究分析。

3.3 繁殖分配、繁殖投资和繁殖代价

营养器官的生物量与生殖器官生物量之间的比例关系,是了解植物生殖分配大小的主要指标之一^[17~19]。繁殖构件生物量与总生物量之间的比值反映了植物体在有性繁殖中资源投资的相对大小,而营养器官生物量与总生物量之间的比值则反映了植物体营养生长过程中投资的相对大小,二者之间的关系则能反映在资源一定的情况下,植物体在营养生长和有性繁殖过程中的投资分配状况^[9]。

火柴头4种种子的实生植株在资源配置上存在着差异(图3和图4),就营养构件生物量占总生物量的比重来看,小种子实生植株要显著大于大种子的,地下小种子实生植株的最大;而从繁殖构件生物量占总生物量的比重来看,则是大种子实生植株显著大于小种子的,且地上大种子实生植株的最大,地下小种子的最小。且这种资源分配的差异还表现在各个构件生物量占总生物量的比重之间的关系(图7~图10)上,体现了同一遗传基础的不同类型种子在同一环境条件下资源在各构件之间分配的差异,是由于不同类型种子基于相同遗传基础的基因表达调控水平上的差异所决定的。

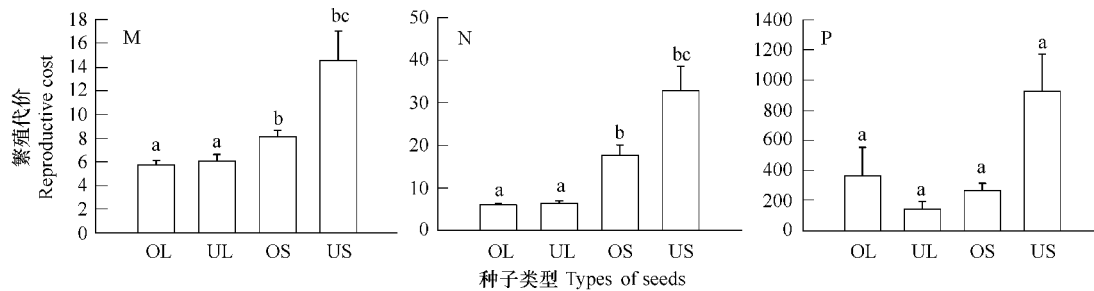


图 11 4 种类型种子实生植株总花苞(M)、地上花苞(N)、地下花苞(P)的繁殖代价

Fig. 11 Reproductive costs of total flowers (M), overground flowers (N), and underground flowers (P) in plants from four types of seeds

火柴头不同类型种子实生植株资源向繁殖构件分配的不同决定了在繁殖投资上的差异。地下小种子实生植株的繁殖投资最小,地上大种子实生植株的繁殖投资最大(图5M),对于不同繁殖构件而言,大种子实生植株对地上繁殖构件的投资明显大于小种子实生植株对地上繁殖构件的投资(图5N),而4种类型种子实生植株对地下繁殖构件的投资之间差异不显著(图5P)。可见在正常条件下,4种类型种子实生植株的繁殖投资存在着差异,主要取决于对地上繁殖构件的投资差异。毕竟,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的^[16]。

从繁殖代价来看,大种子实生植株的繁殖代价之间差异不显著,而大种子实生植株的繁殖代价显著小于小种子实生植株的,地上小种子实生植株的繁殖代价显著小于地下小种子实生植株的(图11M)。值得探讨的是4种类型种子实生植株资源在不同繁殖构件之间的分配(图4)、对不同构件的繁殖投资(图5)和繁殖代价(图11)均存在差异,并且这种差异均体现在地上繁殖构件上,而对于地下繁殖构件则均差异不显著。由于形成地下繁殖构件的代价高(图11P),所以在正常生态条件下4种类型种子的实生植株对地下繁殖构件的投资均小(图5P),对地下繁殖构件资源的分配也最少(图4P)。说明尽管火柴头存在着地上和地下两种有性繁殖方式,但在正常条件下其繁殖对策取向于以地上种子繁殖方式为主,同时暗示了火柴头在面临逆境时可能增加对地下繁殖构件的投资,并以增加高繁殖代价的地下繁殖方式来保证其物种的延续。并且在逆境条件下,火柴头4种类型实生植株可能会对地下繁殖的资源分配和投资表现显著的差异,因为在正常条件下对地下繁殖的资源分配和投资存在不显著的差异(图4P和图5P)。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^[16]。

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, Framer 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 population. Chinese Journal of Ecology, 1995, 14(1): 37—42.
- [6] Su Z X, Zhong Z C. Studies on the reproductive ecology of *Gordonia Acuminata* population I. Studies on the reproductive age, the reproductive age structure and their affecting factors. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(5): 517—524.
- [7] Primack R B, Antonovics J. Experimental ecological genetics in *Plantago* VII. Reproductive effort in populations of *P. lanceolata* L. Evolution, 1982, 36: 742—752.
- [8] Reekie E G, Bazzaz F A. Reproductive effort in plants I. Carbon allocation to reproduction. American Naturalist, 1987, 129: 876—896.
- [9] Huai H Y, Wu X X, Gao H M, et al. Comparison of resource allocation patterns of two species from plantago in the same environment. Bulletin of Botanical Research, 2003, 23(3): 323—327.
- [10] Maheshwari P, Singh B. A preliminary note on the morphology of the aerial and underground flowers of *Commelina benghalensis* Linn. Current Science, 1934, 10: 158—160.
- [11] Walker S R, Evenson J P. Biology of *Commelina benghalensis* L. in south-Queensland 1. Growth, development and seed production. Weed Research, 1985, 25: 239—244.
- [12] Li Y H. Records of weeds in China. Beijing: China Agricultural Press, 1998. 1045—1046.
- [13] Yin L P, Yan Y S. Illustrated handbook of weed seed. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1996. 228.
- [14] Jin Y G. Biological characteristics of the potential weed, *Commelina benghalensis*. Weed Science, 1994, (1): 10—13.
- [15] Qiang S. Weed science. Beijing: China Agricultural Press, 2001. 12—13.
- [16] Chen G, Min H Y, Zhu C L, et al. Reproductive strategy and reproductive cost in *Commelina benghalensis*. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(2): 521—527.
- [17] Harper J L. Population Biology of Plants. New York: Academic Press, 1977. 61—83.
- [18] Silvertown J W. Introduction to Plant Population Ecology. Longman London, New York: Blackwell Scientific Publication, 1982. 1—13.
- [19] Zu Y G, Zhang W H, Yan X F, et al. Conservation biology of endangered plant of *Adenophora lobophylla*. Beijing: China Science Press, 1999.
- [20] Gen Z M, Wei C F, Xiong H S, et al. Morphological characteristics of four kinds of seed of bengal dayflower. Weed Science, 2004, (3): 10—12.
- [21] Chen J M, Qing Q L, Tang T, et al. Studies on chromosomal karyotype and ribosome genes in Bengal dayflower (*Commelina benghalensis* L.) by flurescent in situ hybridization. Weed Science, 2004, (1): 1—4.

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.
- [6] 苏智先, 钟章成. 四川大头茶种群生殖生态学研究 I. 生殖年龄、生殖年龄结构及其影响因素. 生态学报, 1996, 16(5): 517~524.
- [9] 淮虎银, 吴晓霞, 高红明, 等. 同一生境下两种车前属植物资源配置的物种特异性比较. 植物研究, 2003, 23(3): 323~327.
- [12] 李扬汉. 中国杂草志. 北京: 中国农业出版社, 1998. 1045~1046.
- [13] 印莉萍, 颜玉树. 杂草种子图鉴. 北京: 农业科技出版社, 1996. 228.
- [14] 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.
- [15] 强胜. 杂草学. 北京: 中国农业出版社, 2001. 12~13.
- [16] 陈刚, 闵海燕, 朱春来, 等. 火柴头的繁殖对策和繁殖代价研究. 生态学报, 2006, 26(2): 521~527.
- [19] 祖元刚, 张文辉, 阎秀峰, 等. 濒危植物裂叶沙参保护生物学. 北京: 科学出版社, 1999.
- [20] 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.
- [21] 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.