

尖叶拟船叶藓种群能量生殖配置的研究

魏华, 王亚琴, 李菁*, 陈军

(吉首大学生态研究所, 湖南吉首 416000)

摘要: 首次报道了苔藓类植物的能量生殖配置情况。在尖叶拟船叶藓(*Dolichomitriopsis diversiformis*)种群整个生长周期中, 各器官热值由大到小顺序为: 雌器苞(9305.1 J/g) > 成熟孢子体(9196.1 J/g) > 配子体(4075.6 ~ 6558.6 J/g)。能量配置比例的顺序为: 配子体 > 孢子体 > 雌器苞。配子体生长所分配的能量占绝对优势, 成熟孢子体的能量配置仅为 3.2%。实验结果表明: 尖叶拟船叶藓生殖器官(雌器苞和孢子体)的能量配置较低, 但具有较高的热值, 生殖期需要消耗较多的能量。

关键词: 尖叶拟船叶藓; 热值; 能量配置

中图分类号: Q947.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2008)04-0424-04

Energy Reproductive Allocation in the Moss *Dolichomitriopsis diversiformis* Population

WEI Hua, WANG Ya-Qin, LI Jing*, CHEN Jun

(Institute of Ecology, Jishou University, Jishou, Hunan 416000, China)

Abstract: This is the first report on energy allocation patterns in the bryophytes. During the life cycle of *Dolichomitriopsis diversiformis*, energy value in different plant organs followed the order: Perichaetium (9305.1 J/g) > Sporophyte (9196.1 J/g) > Gametophyte (from 4075.6 to 6558.6 J/g). Energy allocation to gametophyte accounted for the most proportion, while the energy allocation to mature sporophyte was only 3.2%. The energy allocation followed the order: Gametophyte > Sporophyte > Aperichaetium. The results showed: energy allocation to the reproductive organ (perichaetium or sporophyte) was low while with high energy values and the reproductive process of *Dolichomitriopsis diversiformis* needed a lot of energy.

Key words: *Dolichomitriopsis diversiformis*; Energy value; Energy allocation

植物能量配置(energy allocation, EA)特征的研究是能量生态学研究的主要内容, 它涉及到植物能量的转化、利用。植物种群能量生殖配置状况能反应出一个物种对环境适应程度及环境资源对种群生长与生殖的限定状况^[1,2]。国内外在植物种群能量生殖分配方面的研究工作主要集中于木本、草本植物^[3~6], 已有的研究认为植物叶片热值的变化能反映植物组织生命活动、生长状况的差异以及各种环境因子对植物生长的影响, 是评价植物生长状况的一个有效指标^[7], 而且, 从本质上讲, 热值是被测样品有机化合物组成及其含量的综合反映^[8], 因此植物热值是评价植物化学能累积效率高低的重要指标。众所周知, 苔藓植物在森林生态系统、高山草甸、苔原及荒漠等生态系统中均起着不容忽视的生

态作用; 在 CO₂ 固定、水土保持、营养物质的循环与贮存和森林更新等方面也有重要的生态功能^[9], 然而对其种群能量的生殖配置还未见报道。我们以藓类植物——尖叶拟船叶藓为研究对象, 对其在生殖过程中的能量配置规律进行了动态追踪, 旨在为苔藓植物能量配置的研究提供一定的数据资料, 为苔藓植物生殖生态学的深入研究提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 植物材料及生境

尖叶拟船叶藓 [*Dolichomitriopsis diversiformis* (Mitt.) Nog.] 系船叶藓科 (Lembophyllaceae)、拟船叶藓属植物, 为东亚特有藓种^[10], 其植株较矮小(约 2~5 cm 高), 多附生于树干基部树皮上, 匍匐生长。

收稿日期: 2007-11-05, 修回日期: 2008-02-03。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30470181)。

作者简介: 魏华(1981-), 男, 硕士研究生, 植物生态学专业。

* 通讯作者 (Author for correspondence. E-mail: lkg@ jsu. edu. cn)。

在其生活史周期中,配子体始终占优势,孢子体仅产生于11~12月份,寄生于配子体上。孢子散布后于次年2月份长成原丝体群丛,既而从其中长出幼配子体。尖叶拟船叶藓为雌雄异株(*Dioecious*)藓种,有雌性偏向,雌器苞在雌配子体植株的主茎、侧枝上都有分布,外形似菠萝状,数量多,雄器苞在雄配子体植株的主茎、侧枝上也都有分布,外形约呈圆锥形,体积较小,约为雌器苞的1/2,但由于雄株数量远远少于雌株,雄器苞的总数就远少于雌器苞。孢子体直立,平均自然长度约1.5 cm,蒴柄红色,平滑而细长,平均长度约1.2 cm,孢蒴为规则长卵形,蒴盖圆锥形,具细长喙,蒴帽兜形,孢子细小(约12~20 μm)^[11]。

采样地点梵净山位于贵州省东部($27^{\circ}49'50''$ ~ $28^{\circ}11'30''\text{N}$ 和 $108^{\circ}45'55''$ ~ $108^{\circ}48'30''\text{E}$ 之间),是武陵山脉主峰,呈东北~西南走向,突立于云贵高原东缘向湘西丘陵的过渡带上^[12]。梵净山年平均气温6~17 $^{\circ}\text{C}$,1月平均气温3.1~5.1 $^{\circ}\text{C}$,7月平均气温15~27 $^{\circ}\text{C}$, ≥ 10 $^{\circ}\text{C}$ 年积温1500~5500 $^{\circ}\text{C}$;年平均降水量1100~2600 mm;相对湿度年均80%以上,具有典型的中亚热带季风山地湿润气候特征^[13]。在贵州梵净山,尖叶拟船叶藓群落主要分布于海拔1680~2080 m的山地南坡或山脊地带,分布范围相对狭窄,其海拔上限不超过2080 m,下限在1680 m,总跨度约在400 m以内,是垂直分布幅度较窄的群落^[11]。尖叶拟船叶藓群落分布的小生境都是朝向森林下西北方向、并有少量散射光照射的区域,而在其它方向及阳光能直接照射到的地方则极少见有分布^[14]。其种群所在生境的共同特点为:一般附生在树干下部距地面2 m高的范围内,光照弱、湿度大、风速小、蒸发量小,中下部树皮保持湿润的持续时间长^[11]。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集 根据长时期的物候学观察及该藓种自身的生物学特性,本实验的采样时期(2006年2~12月)如下:4月17日(配子体生长期)采集处在营养生长期的植株,此时期其植株生长迅速,其上有大量鲜绿色的新枝;7月27日[雌器苞生长期(受精之前)]采集生有雌器苞的植株,此时期植株已经长出雌、雄器苞,雄器苞稀少,雌器苞较多;9月30日[孢子体发育初期(受精之后)]采集孢子体发育初期的植株,此时期未受精的雌器苞已经干瘪,而受精的雌器苞形成幼孢子体,其孢蒴蒴柄尚未与基足分离;11月1日(幼孢子体生长期)采集幼孢子体处于发育时期的植株,此时期孢蒴蒴柄已与基足分

离,孢蒴从植株上突出生长,呈鲜绿色;12月10日(成熟孢子体生长期)采集孢子体孢子已经成熟的植株,此时期孢蒴膨大,呈褐色。

1.2.2 样品处理 尖叶拟船叶藓生殖配置的研究受到其构件的限制,假根、茎、叶生殖构件太小,难以完全准确地分离、称量和测定,因此,生殖配置的研究只将尖叶拟船叶藓植株分为营养部分(配子体)和生殖部分(雌器苞或孢子体);且因雄株比例极少,所以本实验也只对雌株进行生殖配置的研究。每个时期采回60 g左右藓样,做好标记,带回实验室,首先把样品中的杂物清理干净,然后用自来水浸泡1~2 h,再用去离子水及二次蒸馏水冲洗2次。在解剖镜下将藓株分为营养部分和生殖部分,风干后分别用信封装好,于80 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘24 h至恒量。

1.2.3 热值测定及计算 分别取藓样品0.001~0.006 g,用铂金-埃尔默仪器(上海)有限公司生产的Diamond DSC TG-DTA 6300差热扫描分析仪测定其样品的热值(J/g),测定时炉内通氧速率为50 mL/min,升温速率为20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,每个样品重复2次,取平均值,计算总能量、营养生长与生殖生长的能量配置比率(实验数据由武汉大学测试中心测定)。

对每个时期所得数据,利用公式计算出能量配置(EA):

$$\text{配子体能量配置} = (\text{配子体热值} \times \text{其占生物量的比例}) / (\text{配子体热值} \times \text{其占生物量的比例} + \text{生殖器官热值} \times \text{其占生物量的比例});$$

$$\text{生殖器官能量配置} = (\text{生殖器官热值} \times \text{其占生物量的比例}) / (\text{配子体热值} \times \text{其占生物量的比例} + \text{生殖器官热值} \times \text{其占生物量的比例})。$$

2 研究结果

2.1 尖叶拟船叶藓种群营养器官和生殖器官热值的比较

在植物种群中由于各器官脂肪、蛋白质、碳水化合物等物质组成成分不同,因而各构件的能值差异很大。在尖叶拟船叶藓种群整个生长周期中,配子体和生殖器官热值的变化较大,其中以雌器苞热值最高,为9305.1 J/g;成熟孢子体的热值次之,为9196.1 J/g,配子体的热值相对较低,最高为6558.6 J/g,最低为4075.6 J/g,比较三者之间的热值,其由大到小顺序为雌器苞>孢子体>配子体。

在一个生长周期内,同一器官不同发育期的热值也不同(表1),尖叶拟船叶藓植物体4月份已经

萌发,开始积累能量,4月中旬配子体的热值为5111.8 J/g,从雌器苞生长期开始,配子体的热值迅速上升;7月下旬,梵净山降雨量增多,热量充沛,含能产物不断合成,配子体热值为6558.6 J/g,比4月中旬上升28.3%,热值水平积累到整个生长期的最高水平。9月份开始,由于生殖生长已经开始,营养物质发生转移,致使配子体热值的变化趋于平缓下

降;9月底,配子体热值下降至6053.9 J/g,比7月下旬下降了7.7%,但与4月中旬相比还是上升了18.4%;11月初,配子体热值继续下降至5094.4 J/g,比9月底下降了15.8%,比4月中旬下降了0.3%;至12月中旬热值下降到最低点,为4075.6 J/g,比11月初下降20%,比4月中旬下降了20.3%。

配子体生长后期,生殖器官(雌器苞)开始生长,

表 1 尖叶拟船叶藓种群营养器官与生殖器官热值及其配置情况
Table 1 Energy value and energy allocation in *Dolichomitriopsis diversiformis*

采样及测试时期 Date of sampling	配子体 Gametophyte	器官热值 (J/g) Energy value of different organs			能量配置 (%) EA
		雌器苞 Perichaetium	孢子体 Sporophyte		
配子体生长期 Gametophyte rapid growing stage	4月17日	5111.8	-	-	0
雌器苞生长期(受精之前) Perichaetium growing stage(before fertilization)	7月27日	6558.6	9305.1	-	0.5
孢子体发育初期(受精之后) Sporophyte developing initial stage (after fertilization)	9月30日	6053.9	-	7784.0	2.3
幼孢子体生长期 Young sporophyte growing stage	11月1日	5094.4	-	8013.4	3.1
成熟孢子体生长期 Mature sporophyte stage	12月10日	4075.6	-	9196.1	3.2

注:“-”表明没有雌器苞或孢子体。

Note: “-” indicates no perichaetium or sporophyte was found.

雌器苞从配子体中吸取营养物质,到7月中旬,雌器苞发育成熟,热值也达到最高值,为9305.1 J/g,比任何时期任何器官的热值都高很多,比同期配子体的热值高出53.7%(见图1)。9月底,经过受精,雌器苞颈卵器中的卵子与雄器苞精子器中的精子结合,雄性植株完成整个生殖过程,因此,雌器苞受精之前整个植株为单倍体,为雌器苞生长期。雌器苞受精之后生长出二倍体的孢子体,其寄生于配子体上,进入孢子体发育初期,这时配子体继续供给发育中的孢子体养分。由于雌器苞的受精、生长等原因,能量消耗大,使得刚开始发育的幼孢子体热值只有7784.0 J/g,热值比7月下旬的雌器苞下降了16.3%,但仍比同期的配子体热值高出28.6%。11月初,孢子体开始生长,长出蒴柄,一方面孢子体继续从配子体上吸收养分,另一方面绿色的幼孢子体本身的光合作用能力增强,从而使得植物体光合作用能力加强,能量继续在孢子体中积累,孢子体热值上升至8013.4 J/g,比9月底上升了2.9%,比同期的配子体热值高出57.3%;至12月中旬,孢子体成熟,热值达到最大(9196.1 J/g),比11月初上升了14.8%,比同期配子体高出125.6%。生殖期开始后,因为生殖的需要,植株中的含能产物不断向生殖器官转移,使雌器苞、孢子体的热值都比同期配子体

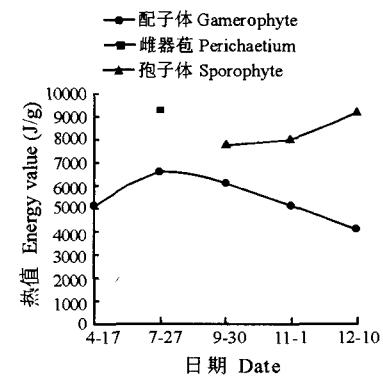


图 1 尖叶拟船叶藓各器官热值的季节动态变化

Fig. 1 Dynamics of energy value of organs of *Dolichomitriopsis diversiformis*

热值高出许多。

2.2 尖叶拟船叶藓种群能量配置及其季节动态

在植物种群中,营养生长和生殖生长的能量配置情况对种群生殖方式有很大的影响。在尖叶拟船叶藓种群生长发育过程中,配子体生长所分配的能量占绝对优势,而孢子体仅占很小的部分(见表1)。从整个生长期来看,能量配置比例的大小顺序为配子体>孢子体>雌器苞。在4月中旬的配子体生长期配子体能量配置比例为100%,但随着营养生长的加快和有性生殖的开始,尖叶拟船叶藓配子体和

生殖器官能量配置的比例发生变化。7月下旬,雌器苞的能量配置占0.5%,但能量配置主要还在配子体中;9月底,孢子体发育初期,能量开始积累,能量配置上升为2.3%,相当于雌器苞生长期能量在雌器苞中配置的4.6倍;随后,在幼孢子体生长期內,虽然能量配置的增加较少,但能量在幼孢子体中的配置还是呈缓慢上升的趋势,11月初能量配置上升为3.1%,比孢子体发育初期刚刚受精的孢子体能量配置上升了34.8%;12月中旬,成熟孢子体的能量配置为3.2%。

3 讨论

尖叶拟船叶藓的生殖器官所占的能量生殖配置极少,雌器苞能量配置为0.5%,受精之后,虽然其能量配置有所增加,但直到孢子体成熟时其能量配置仍仅为3.2%。王亚琴等^[15]的研究表明,尖叶拟船叶藓的生物量生殖配置很少,到成熟孢子体生长期其生物量配置只为6.67%。因此可以说其生物量配置低是使其能量生殖配置低的一个很重要的原因。另一方面,生活型与植物生殖分配有很明显的关糸,如一年生植物比多年生植物有较高的生殖分配^[16]。Wilson等^[17]研究了英国40种草本植物的生殖分配,证明一年生植物和只繁殖一次的多年生植物比多次繁殖的多年生植物具有较高的生殖分配,因为前者需要加大现有的繁殖来弥补失去将来繁殖的机会。

虽然尖叶拟船叶藓的能量生殖配置较低,但其生殖器官具有较高的热值。影响植物热值的因素很多,如植物种类及遗传特性、植物体部位、物候期、营养条件、气候条件以及植物所含的营养成分的不同都会影响植物的热值^[18]。尖叶拟船叶藓营养器官(配子体)和生殖器官(雌器苞或孢子体)的热值随物候期的变化而波动,在其有性生殖过程中配子体的热值慢慢减小,而生殖器官的热值却急剧增加且高于营养器官(见表1),从孢子体发育初期到成熟,配子体和生殖器官的热值差由1730.1 J/g增加到5120.5 J/g。因此我们可以推断,在尖叶拟船叶藓有性生殖过程中,寄生于配子体之上的孢子体会从配子体吸收能量物质,且由于绿色的孢子体会进行

光合作用,因而导致了孢子体的热值增加而配子体的热值减少,其有性生殖过程需要消耗较多的能量。

致谢:感谢武汉大学测试中心提供的实验帮助和贵州梵净山自然保护区管理局的大力支持,感谢陈功锡和李朝阳老师(吉首大学生物资源与环境科学学院)给予的帮助。

参考文献:

- 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.
- 祖元刚.能量生态学引论[M].吉林:吉林科技出版社,1990.
- Abrahamson W G. On the comparative allocation of biomass, energy and nutrients in plant[J]. *Ecology*, 1982, 63(4):982-991.
- 郭继勋,王若丹,王娓.东北草原盐碱植物虎尾草的热值和能量分配特征的研究[J].应用生态学报,2001,12(3):384-386.
- 洪伟,兰斌,吴承祯,郑郁善.毛竹林能量分配的研究[J].林业科学,1998,34(1):78-81.
- Pitelka L F. Energy allocation in annual and perennial lupines (Leguminosae) [J]. *Ecology*, 1977, 58:1055-1065.
- 孙国夫,郑志明,王兆骞.水稻热值的动态变化研究[J].生态学杂志,1993,12(1):1-4.
- 林光辉,林鹏.红树植物秋茄热值及其变化的研究[J].生态学报,1991,11(1):44-48.
- 叶吉,郝占庆,于德永,闫海冰,封德全.苔藓植物生态功能的研究进展[J].应用生态学报,2004,15(10):1939-1942.
- Wu P C. The East Asiatic genera and endemic genera of the bryophytes in China[J]. *Bryobrothera*, 1992, 1:99-117.
- 刘冰,姜业芳,黄璜,李菁,王亚琴.尖叶拟船叶藓的生境和生殖系统研究[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2006,32(2):124-127.
- 陈功锡,李菁,陈军,朱杰英.梵净山尖叶拟船叶藓群落生态环境调查研究[J].贵州科学,2001,19(4):81-84.
- 周正贤.梵净山研究[M].贵阳:贵州人民出版社,1990.
- 陈功锡,李菁,陈军,等.贵州梵净山尖叶拟船叶藓 *Dolichomitriopsis diversiformis* (Mitt.) Nog.群落生态环境特征初探[J].贵州科学,2001,19(4):81-84.
- 王亚琴,李菁,陈军,魏华.贵州梵净山尖叶拟船叶藓生物量的生殖配置[J].浙江林学院学报,2007,24(2):145-149.
- 操国兴,谢德体,钟章成,刘芸.植物种群的生殖分配[J].四川林业科技,2003,24(2):25-29.
- Wilson A M, Thompson K. A comparative study of reproductive allocation in British grasses[J]. *Functional Ecology*, 1989, 3(3):297-302.
- 林益明,林鹏,李振基,杨志伟,刘初细.福建武夷山甜槠群落能量的研究[J].植物学报,1996,38(12):989-994.