

慈竹克隆种群能量动态研究*

苏智先* 钟章成* 廖咏梅* 黄焰平* 车德俊

* (四川师范学院生物多样性研究中心, 637002)
** (西南师范大学生物地理研究所, 630715)

5795.502

A

摘要 本文引用 Harper 的构件结构理论, 从克隆构件、克隆分株和克隆种群 3 个层次, 系统探索我国特有种慈竹 (*Neosinocalamus affinis*) 克隆种群能量动态。研究结果表明, 慈竹克隆种群单位量能值 (kJ/g) 变化随其生长季节、生长发育阶段和年龄不同而异。冬季 (即 11、12 和 1 月) 单位能值升高; 换叶期 (5 月) 单位能值骤然下降; 生殖阶段 (出笋期) 单位能值降低, 但龄级间差异较大。慈竹克隆种群具整合作用。影响慈竹克隆种群能量变动的因素主要是大气温度、湿度和种群生殖与换叶等。

关键词 慈竹克隆种群, 能量动态, 整合作用。 种群

慈竹 (*Neosinocalamus affinis*) 系我国特有竹种。四川是其分布中心和多度中心^[1-5]。它是四川主要经济竹种之一, 同时又是重要的工业原料^[3, 6]。慈竹是一次性生殖的多年生乔木状木本竹类^[7-12]。在其生活史周期中, 主要以克隆方式进行生殖, 增加克隆个体 (或称克隆分株), 由此方式形成的克隆群体称为克隆种群。本文从克隆构件^[1]、克隆分株和克隆种群 3 个水平上, 系统探索慈竹克隆种群能量动态变化规律, 为慈竹林生态系统能流和物流研究提供可靠的研究方法, 同时为慈竹资源的综合开发利用和经营管理提供理论依据。

1 材料及方法

1.1 材料

以南充市郊 200m² 固定样地中的慈竹克隆种群为研究材料。

1.2 方法

1.2.1 样品采集与处理 在固定样地中, 选择不受边缘效应影响的慈竹克隆种群为研究对象, 确定各克隆个体的年龄^[1, 9]。自 1989 年 12 月到 1990 年 12 月, 每月定期在慈竹 I—V 龄克隆分株的标准株 (具代表性的克隆个体) 的特定部位 (秆和枝均在 1/2 高处采样, 叶取其枝上倒数 2—3 叶位的叶片) 取样, 每个样品 5 个重复, 经粗处理 (去黄叶, 枝仅取其中间部分, 然后将秆、枝、叶分龄级剪碎) 后, 置于烘箱中, 烘至恒重, 然后粉碎并分别装入棕色广口瓶中待测。用 B₁-GR3500 型氧弹式热量计分别测定各样品的燃烧热, 每个样品重复测定 5 次, 测定时其氧压为 2.2—2.4MPa。

1.2.2 慈竹克隆种群各样品的燃烧热值均采用经验公式^[10], 即

$$Q = - \frac{k[(T + h) - (T_0 + h_0) + \Delta t] - \sum gb}{C} \quad (1)$$

* 本文系国家自然科学基金资助项目。

文中插图由陈龙生老师绘制, 谨此致谢。

本文于 1993 年 6 月 7 日收到, 修改稿于 1993 年 9 月 13 日收到。

1) 由克隆方式形成的克隆分株上的秆、枝、叶称为克隆构件, 以别于有性生殖形成的个体上的器官, 也不同于构件种群中的构件^[12]。

进行计算。式(1)中, Q :慈竹的热值(J/g), k :热量计的水当量(g), T :直接观察到的主期的最终温度; h :温度为 T 时对温度刻度的校正; T_0 :直接观察到的主期的最初温度; t :热量计的热交换校正值; h_0 :温度为 T_0 时对温度计刻度的校正; g :引火丝的燃烧热(J/g); b :实际消耗的引火丝重量(g); G :慈竹样品的重量(g)。本文所用热值数据均用去灰分热值(AFCV)表示,以排除灰分的干扰^[10]。

2 研究结果

2.1 慈竹克隆构件能量动态

2.1.1 慈竹克隆构件能量的月变化规律

2.1.1.1 慈竹克隆种群中,相同构件不同龄级之单位能值月变化呈现一定规律。秆的能值(kJ/g)在1—6月间,随时间推移逐渐降低,7月份最低(为16.668kJ/g);从8月开始逐渐上升,12月达20.702kJ/g。但不同龄级差异较大(图1,a)。如V龄秆在5—7月,其能值逐渐升高,其它龄级的秆之能值逐渐降低。枝的能值月变动较小,但随不同年龄不同月份出现差异。例如1月份,I龄和V龄枝单位能值相差达6.809kJ/g;3月和10月各龄级间仅相差1kJ/g左右(图1,b)。叶之能值在2—6月间差异很大,其中V龄和I龄叶分别在3月和6月能值最高;5月份各龄叶能值接近(图1,c)。

2.1.1.2 慈竹克隆种群中,相同龄级不同构件间单位能值随月份的更替,其规律性也较为明显。I龄构件之单位能值(kJ/g)在1月和9月最接近,而6月份差异最大,其能值次序为:叶>枝>秆(图2,a);II龄构件中,叶的波动幅度最大,4月高达23.052kJ/g,1月份却只有17.50kJ/g。枝波动较小(图2,b);IV龄构件中,1月份单位能值变幅最大(12.6—20.0kJ/g),12月变幅最小(19.5—21.0kJ/g),其秆和叶之单位能值在特定时间内有明显回归关系(图2,c),其回归模型如下:

$$\begin{cases} Q_1 = 10.564 + 0.85t_{21} & (8 \leq t_{21} \leq 12) & r_{21} = 0.9647 & r_{0.05} = 0.9500 \\ Q_2 = 20.6213 - 0.6209t_{22} & (1 \leq t_{22} \leq 6) & r_{22} = 0.9757 & r_{0.001} = 0.9741 \end{cases} \quad (2)$$

$$Q_3 = 11.6716 + 0.7848t_3 \quad (9 \leq t_3 \leq 12) \quad r_3 = 0.9817 \quad r_{0.02} = 0.9800 \quad (3)$$

由式(2)可知,秆之单位能值在1—6月间,随时间推移能值以0.6209kJ/g的速率递减,8—12月间,以0.86kJ/g的速率递增。叶之单位能值(Q_3)在9至12月也有明显递增趋势;V龄秆和IV龄秆具相似特点。在1—3月和10—12月间,枝与叶之单位能值均有显著上升趋势(图2,d)。

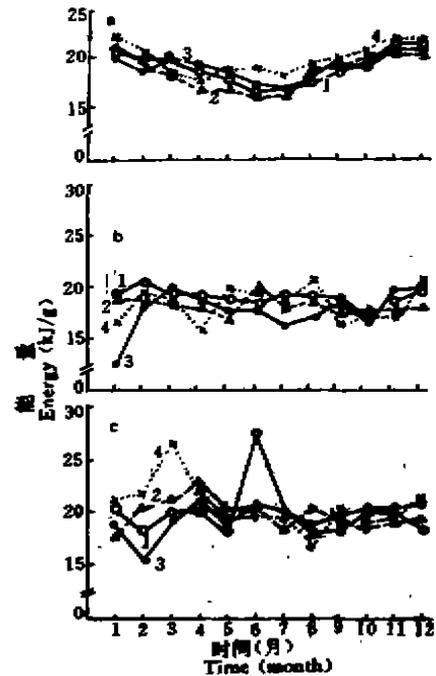


图1 慈竹相同克隆构件不同龄级能量月变动规律

Fig. 1 The law of the energy change with time (months) at the same clonal modules with different age for *Neosinocalamus affinis*

a. 秆 culm; b. 枝 branch; c. 叶 leaf

1— I 龄 2 years, 2— II 龄 3 years, 3— III 龄 4 years, 4— IV 龄 5 years.

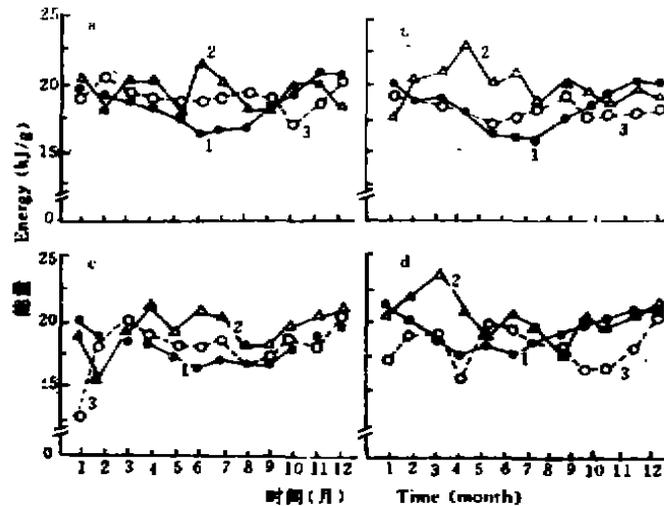


图2 慈竹相同龄级不同构件能量月变动规律

Fig. 2 The law of the energy change with time (months) at the different clonal modules with same age for *Neosinocotamus affinis*

a. I 龄级 2nd age class; b. II 龄级 3rd age class; c. III 龄级 4th age class; d. V 龄级 5th age class.

1—秆 culm; 2—叶 leaf; 3—枝 branch.

2.1.1.3 慈竹克隆种群中,各克隆构件之单位能值月动态变化表现出整合现象^[14]。从图2中可见,1—4月份,气温随时间递增逐渐升高,光合构件叶单位能值逐渐增加,但贮能构件秆之能量通过枝向叶运输,其能值逐渐降低,即1月份三者(秆枝叶)单位能值排序为:秆>枝>叶;2月份,叶>枝=秆;4月份,叶之单位能值比秆和枝的单位能值高4.5kJ/g(图2,b)。5月期间,慈竹克隆种群的光合构件新老更替,新叶含能值较低,枝叶能值也随之减少。7—10月为慈竹的生殖季节,单位能值整体水平降低。由此可见,慈竹各克隆构件之间,其能值变化随其生长发育进程不同,而不断地进行调整(即整合作用过程)。

2.1.2 慈竹克隆构件能量季节变化:根据南充的气候特点,本文将四季定义为:春季(2—4月);夏季(5—7月);秋季(8—10月)和冬季(11—1翌年)。慈竹克隆构件单位能值季节动态具有以下特点(图3):

2.1.2.1 慈竹相同龄级不同克隆构件,其单位能值季节变动具一定规律性。I龄克隆构件中,秆和枝的单位能值随季节变化呈现凹形曲线,而叶之能量季节动态曲线为凸形。II龄克隆构件中,春冬季秆枝叶能值较接近,在18.5—19.6kJ/g之间,夏秋之能值变幅较大(16.5—20.5kJ/g),各构件之单位能值排序为:秆<枝<叶。IV龄构件中,春季各构件变幅小,夏冬季变幅大(16.8—20.4kJ/g)(图3c)。V龄构件中,以春季变幅最大,相差达5.3kJ/g(图3d),其单位能值季节变幅排序为:春季>夏季>冬季>秋季。

2.1.2.2 慈竹相同克隆构件不同龄级之单位能值季节变动规律,随构件和季节不同而异。各龄秆单位能值季节动态明显,冬季贮能最高,夏季贮能最少,春秋季介于两者之间。枝所含能值季节变动表现为,从春季至秋季能量(kJ/g)逐渐降低(夏季V龄枝除外),冬季(IV龄枝除外)有所回升(图4,b)。叶之单位能值随季节变动较大,夏季各龄叶能值均升高,秋季降低,冬季IV、V龄叶能值有所上升,II龄和III龄叶能值降低(图4,c)。

2.2 慈竹克隆分株能量动态

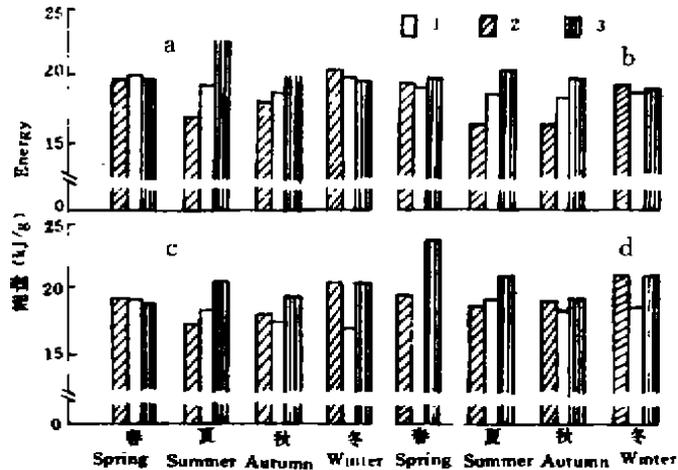


图3 慈竹相同龄级不同构件能量季节变动

Fig. 3 Seasonal change of the energy at different clonal modules with same age for *Neosinocalamus affinis*

a. I 龄级 2nd age class; b. II 龄级 3rd age class; c. III 龄级 4th age class; d. IV 龄级 5th age class.

1—秆 culm, 2—枝 branch, 3—叶 leaf.

2.2.1 慈竹克隆分株能量随月份的动态变化

就慈竹克隆分株整体水平而言,1—4月(N龄除外)单位能值较高,5—10月较低,但I龄分株在6月份高达21.3kJ/g(图5)。各龄分株在1—6月间,变幅较大(17—21.5kJ/g),7—12月内,各龄级间差异较小(1—2kJ/g)。N龄克隆分株单位能值(Q_{4R})与其生长发育时间(t_4)有显著回归关系。其回归模型如下:

$$\begin{cases} Q_{4R} = 16.2 + 0.76t_{41} & (1 \leq t_{41} \leq 4) & r_{41} = 0.9590 & r_{0.05} = 0.9500 \\ Q_{4R} = 11.774 + 0.715t_{42} & (8 \leq t_{42} \leq 12) & r_{42} = 0.9909 & r_{0.01} = 0.9587 \end{cases} \quad (4)$$

2.2.2 慈竹克隆分株能量季节动态

慈竹克隆分株能量(kJ/g)随季节变动表现为,春冬季节单位干物质含能值较高,夏秋季较低。III龄克隆分株单位能值(Q_{3R})与其生长季节(t_3)有显著回归关系,其模型如下:

$$Q_{3R} = 17.000 + 0.500t_3 \quad (t_3 = \text{夏季至冬季}) \quad r_3 = 1.0000, r_{0.01} = 1.0000 \quad (5)$$

在上式(5)中,设夏季、秋季和冬季之时间分别用 $t_3=1,2,3$ 代表,则III龄克隆分株在夏秋冬季的干物质所含能量值分别为17.5kJ/g,18kJ/g和18.5kJ/g。

2.2.3 慈竹克隆分株能量变动过程中具有整合作用

慈竹克隆分株生长发育过程中,虽各龄级能量变动较大,但都围绕一个平衡点上下波动,即在19.15kJ/g这个基准线上下移动。生殖阶段(7—10月)耗能较大,单位能值降低,5月份因新老叶片更替,单位能值也较低,其它月份均略高于平衡点。若不考虑生殖阶段和换叶时期,其平衡点则为19.4kJ/g。例如1月各龄分株虽单位能值差异较大,但其平均值为19.375kJ/g,接近于这个平衡点(图5)。

2.3 慈竹克隆种群能量动态

2.3.1 慈竹克隆种群能量月动态

慈竹克隆种群能量变动随月份变化明显(图7)。1—3月单位能值逐渐增加,4月和5月为

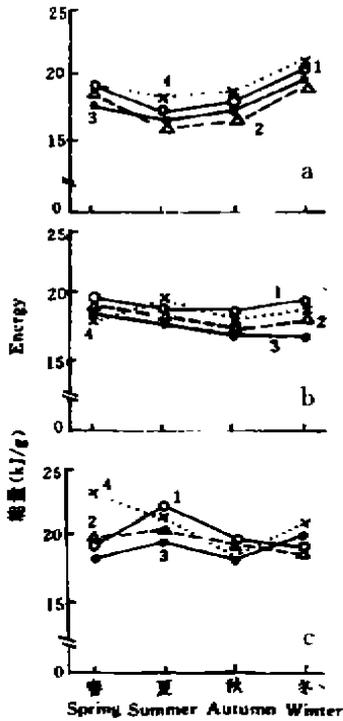


图4 慈竹相同构件不同龄级能量季节动态
Fig. 4 Seasonal change of the energy at the same clonal modules with different age class for *Neosinocalamus affinis*
1—■ 龄 2 years, 2—● 龄 3 years, 3—□ 龄 4 years, 4—▽ 龄 5 years.
a. 秆 culm; b. 枝 branch; c. 叶 leaf

更换叶片期(其中5月为更叶盛期),单位能值降低,6月生长发育旺盛,能量达到20kJ/g,7月开始进入生殖期,单位能值低至18.00kJ/g,以后逐渐上升,12月份达到20.0kJ/g水平。可见,慈竹克隆种群能量月动态出现3个高峰期即3月(换叶前)、6月(进入生殖阶段前)和12月(越冬);两个低峰期,即5月(换叶盛期)和7月(生殖初期)。7—12月单位能值(Q)与单位时间 t_c (月份)呈正相关,其回归模型如下:

$$Q = 15.1981 + 0.3914t_c \quad (7 \leq t_c \leq 12) \quad r_c = 0.9913 \quad r_{0.01} = 0.9714 \quad (6)$$

2.3.2 慈竹克隆种群能量季节动态

慈竹克隆种群单位能值随季节变化规律非常明显,从春季至秋季,能值逐渐降低,以后又逐渐升高,冬季单位干物质平均含能量达到19.5kJ/g,相当于种群在非生殖季节单位能值月动态的平均值19.4kJ/g。秋季为生殖季节,单位能值只有18.5kJ/g。单位能值的季节排序为:冬季>春季>夏季>秋季。

2.4 影响慈竹克隆种群能量动态的因子

影响慈竹克隆种群单位干物质能量值的因素可分为内因和外因两方面。外因包括光照(主

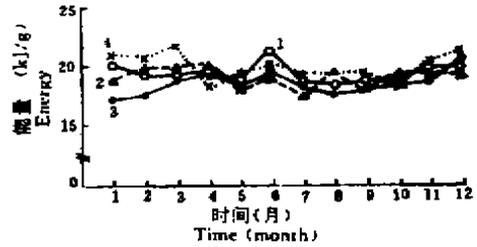


图5 慈竹克隆分株能量月动态
Fig. 5 The dynamic of energy with time (months) on the clonal rametes for *Neosinocalamus affinis*

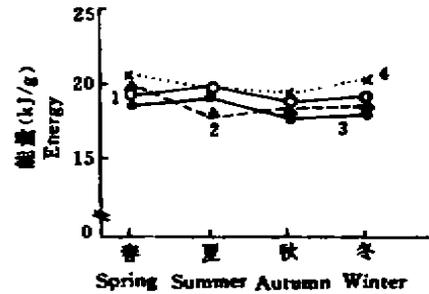


图6 慈竹克隆分株能量季节动态
Fig. 6 Seasonal change of the energy of the clonal rametes for *Neosinocalamus affinis*

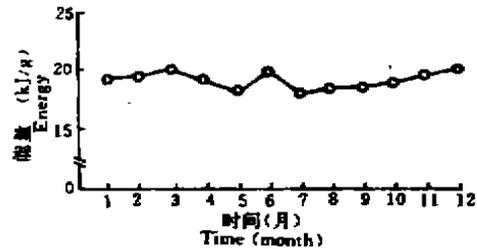


图7 慈竹克隆种群能量动态
Fig. 7 Dynamic of the energy for *Neosinocalamus affinis* clonal population

要指日照时数)、气温、大气湿度等。内因主要指种群各分株及其构件之生长发育因素,例如新克隆分株的产生,叶片的更换,年龄差异,生长发育阶段变换等。就内因而言,叶片更换和新克隆分株的产生(包括新克隆构件的形成)是影响种群单位能值变动的主要因子(如前所述)。光照时数、大气温度和湿度是影响单位能值变动的主要因子。这些主要外部因子通过影响慈竹生长发育节律,而调节慈竹单位能值的变化,使慈竹种群生长发育节律和能量变动与其生存环境协调一致。例如,6—9月是四川水热同季的季,慈竹光合生产力达到较高水平,种群处于生长发育旺季。6月份单位能值升高,7月开始进入生殖生长,产生新克隆个体,耗费大量能量,各克隆单位之能值降低。11—翌年1月为种群度过不良季节(低温、干旱时期)之际,单位能值升高(尤其秆贮能较高)。由此可见,影响慈竹克隆种群能量的因素主要是气温,大气湿度和生殖。

3 结论

慈竹克隆种群能量动态主要指种群、分株和构件3个水平上单位能值(kJ/g)的月变化与季节变化。就整体而言,3个层次具有共同规律,在冬季(即11、12和1月)单位能值升高,以度过不良季节;在换叶期(5月)、单位能值骤然下降;生殖阶段,能量大量消耗,各层次之单位能值降低。但不同龄级差异较大,尤其1—6月差异更为显著。慈竹克隆构件和克隆分株间具有整合作用。影响慈竹克隆种群单位干物质能量变动的因素很多,但主要是大气温度、大气湿度和生殖现象等。

参 考 文 献

- [1] 苏智先. 重庆缙云山慈竹种群年龄的初步研究. 竹子研究汇刊, 1990, 9(2): 47—55
- [2] 苏智先, 钟章成. 缙云山慈竹种群生物量结构研究. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(3): 240—252
- [3] 苏智先. 慈竹资源种群的应用研究. 四川师范学院学报(自然科学版), 1991, 12(增刊): 142—143
- [4] 苏智先, 钟章成. 慈竹无性系种群生长发育规律初探. 应用生态学报, 1991, 3(3): 289—291
- [5] 沼田真. 竹林の生态学. *Bamboo Journal*, 1987, (4): 118—131
- [6] Slade A J *et al.* Clonal integration and plasticity in foraging behavior in *Glechoma hederacea* J. *Ecol.* 1987, 75: 1023—1026
- [7] 苏智先, 蒋晓明, 佐玉芬. 慈竹无性系种群光合生态的初步研究. 四川师范学院学报(自然科学版), 1991, 12(4): 352—357
- [8] 苏智先, 李爱国, 罗平, 张容梅. 慈竹无性系种群微量元素分析. 四川师范学院学报(自然科学版), 1991, 12(增刊): 47—55
- [9] 苏智先. 慈竹种群年龄计测指标研究. 常绿阔叶林生态系统研究. 重庆: 西南师范大学出版社, 1992, 77—87
- [10] 苏智先. 慈竹幼竹种群生长发育规律研究. 常绿阔叶林生态系统研究. 重庆: 西南师范大学出版社, 1992, 88—99
- [11] 钟章成, 李睿. 慈竹的生态学研究. 常绿阔叶林生态学研究. 重庆: 西南师范大学出版社, 1988, 213—233
- [12] 刘讽吾, 易同培. 慈竹特性的初步研究. 林业科学, 1964, 9(3): 264—268
- [13] 苏智先, 黄焰平, 牟德俊, 熊群仙, 钟章成. 慈竹无性系种群能值特点及其影响能值计测因素的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(3): 273—279
- [14] 苏智先. 慈竹克隆种群能量计测方法研究. 四川师范学院学报(自然科学版), 1993, 14(3): 1—6

STUDIES ON THE ENERGY OF *NEOSINOCALAMUS AFFINIS* CLONAL POPULATION

Su Zhixian

(Research Center of Biological Diversity, Sichuan Normal College, Nanchong 637002)

Zhong Zhangcheng

(Institute of Biogeography, Southwest Normal University, Chongqing 630715)

Liao Yongmei Huang Yanping Mu Dejun

(Research Center of Biological Diversity, Sichuan Normal College)

This paper systematically deals with the energy dynamics of *Neosinocalamus affinis* clonal population, by quoting the theory of Harper's modular structure at the following three levels: the clonal modules, the clonal rametes and the clonal population.

It was found that the specific energy value of *Neosinocalamus affinis* clonal population would vary depending on the growth season, the stage of growth and development and the age level. The specific energy value increases in winter (November, December and January), then suddenly decreases in the stage of leaf exchange (in May), and also decreases in the stage of reproduction. The specific energy value varies at different age levels. There is an integrative function. The main factors affecting energy changes of *Neosinocalamus affinis* clonal population are atmospheric temperature, atmospheric humidity, population reproduction and leaf exchange etc.

Key words: *Neosinocalamus affinis* clonal population, energy dynamic, integrative function.