

# 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫 生长和食物利用的影响<sup>\*</sup>

方杰<sup>1 2</sup> 赵博光<sup>2 \*\*</sup> 杨振德<sup>3</sup> 朱麟<sup>4</sup>

(1. 安徽大学生命科学学院 合肥 230039; 2. 南京林业大学森林资源与环境学院 南京 210037;  
3. 广西大学林学院 南宁 530001; 4. 海南师范大学生物系 海口 571158)

**摘要** 本文研究了不同的美洲黑杨无性系对分月扇舟蛾 *Clostera anastomosis* L. 幼虫生长的影响。结果表明,抗性水平不同的无性系影响分月扇舟蛾幼虫体重、相对生长率、食物利用率和转化率。抗性较强的 89-3 号无性系对幼虫的生长有抑制作用,幼虫取食后,其食物利用率和转化率在第 2 天有显著下降,但随后表现不明显;而感性较强的 74-4 号无性系有一定的促进作用,幼虫取食后,其食物利用率和转化率都显著提高。  
**关键词** 美洲黑杨,无性系,分月扇舟蛾,生长发育,食物利用

## Effects of certain clones of *Populus deltoides* on growth and food utilization of *Clostera anastomosis* larvae

FANG Jie<sup>1 2</sup> ZHAO Bo-Guang<sup>2 \*\*</sup> YANG Zhen-De<sup>3</sup> ZHU Lin<sup>4</sup>

(1. College of Life Science, Anhui University, Hefei 230039, China;  
2. College of Forestry Resources and Environment; Nanjing Forestry University; Nanjing 210037, China;  
3. College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China;  
4. Department of Life Science, Hainan Normal University, Haikou 230039, China)

**Abstract** Effects of certain clones of *Populus deltoides* on the growth and food utilization of *Clostera anastomosis* L. larvae were studied. Several indicators of larval growth and development, such as weight, growth rate and RGR (relative growth rate), varied depending on which clone larvae fed on. Clone No. 89-3, which the larvae ate the least of, significantly inhibited larval growth and development. In contrast, larvae fed foliage of Clone No. 74-4 had the fastest growth and development. The ECI (efficiency of ingested of food) and ECD (efficiency of conversion of digested food) of larvae fed on foliage of Clone No. 74-4 were also significantly higher than those fed on foliage of other clones. However, although the growth and development of larvae feeding on Clone No. 89-3 significantly decreased on the second day, no further significant decrease was observed on subsequent days.

**Key words** *Populus deltoides* clone, *Clostera anastomosis*, growth and development, food utilization

杨树种植近年来在苏北等地区得到大规模推广,导致杨树害虫尤其是舟蛾类等食叶害虫大面积爆发,给杨树主要产区的经济生产和生态建设带来了巨大的损失。我国从 20 世纪 80 年代初开始引进的 I-72 杨等品种,在长期的大面积栽培过程中,品质逐渐退化,抗病虫害能力较差(方杰等, 2008),因此选育抗性品种在杨树栽培和害虫综合治理和杨树产业化栽培上存在着广阔的发展空间与前景,也是当前育种和森保工作者所面临的

一项紧迫任务工作。

作者曾经(方杰等, 2007; 2008)研究了 18 个美洲黑杨(*Populus deltoides* L.)无性系在实验室条件下的抗性,筛选出了 11 个具有较强抗性的无性系,并分析了不同无性系的抗性与其叶片中主要营养物质和次生代谢物质含量的关系,以及不同无性系对分月扇舟蛾 *Clostera anastomosis* L. 体内酶活性的影响。在此基础上,本研究挑选出相对于对照抗性有明显差异的 3 个无性系(即抗性

\* 资助项目:国家林业局 948 项目。

\*\* 通讯作者, E-mail: ahufangjie@126.com

收稿日期:2010-06-01, 接受日期:2010-06-25

较强的 89-3 号,感性较强的 74-4 号以及抗性程度与对照基本相似的 66-9 号),以 I-72 杨为对照,研究它们对分月扇舟蛾幼虫生长和食物利用的影响,为深入理解抗性水平不同的杨树品种对植食性昆虫的影响提供基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

分月扇舟蛾采集于徐州市濉宁县,于实验室条件下用天然饲料进行人工饲养,试验时选取同龄期生理状态一致的健康幼虫,饥饿 3 h 后供试。

### 1.2 供试美洲黑杨

供试美洲黑杨无性系编号为 89-3、66-9、74-4,于南京林业大学杨树新品种采育圃采集各无性系中部的健康、新鲜叶片,用 I-72 杨作对照。

### 1.3 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫生长发育和食物利用的影响

将美洲黑杨无性系的新鲜叶碟(面积为  $3\text{ cm}^2 \times 4\text{ cm}^2$ )各 4 片称重后放入直径为 9 cm 的培养皿中,以 I-72 杨作对照。然后分别接入已饥饿 3 h、已称重的 3 龄幼虫 10 头,用保鲜膜封好,各重复 10 次。每日换叶时,同时对供试幼虫、剩余食料及粪便称重,直到幼虫老熟化蛹结束。

幼虫摄食量的计算采用李镇宇等(1998)的方法,即:每日取食量 = (当日投食量 - 次日残留剩余量)  $\times$  (1 - 失水率%)。幼虫对食物消化和利用的指标根据以下公式来计算:相对生长率(RGR) = 体重增加量 / (平均体重  $\times$  取食时间);近似消化率(AD) = (取食量 - 排泄量) / 取食量  $\times$  100;食物利用率(ECI) = 体重增加 / 取食量  $\times$  100;食物转化率(ECD) = 体重增加 / (取食量 - 排泄量)  $\times$  100。

### 1.4 数据处理

文中数据均以平均数  $\pm$  标准误(SE)表示,方差分析采用邓肯氏新复极差检验法(Duncan's Multiple Ranger Test, DMRT),以 SPSS11.5 软件计算所得。

## 2 结果与分析

### 2.1 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫生长发育的影响

从表 1 中可以看出,抗性水平不同的无性系对分月扇舟蛾幼虫的生长有不同的影响,表现在幼虫体重、每日体重增加量、相对生长率等主要生

长指标的变化上。抗性较强的 89-3 号无性系对分月扇舟蛾幼虫的生长发育有显著的抑制作用,取食后第 2、3、4 天的幼虫体重比对照分别下降 19.20%、22.25%、27.61%,每日体重增加量比对照分别下降 40.84%、29.87%、40.70%,相对生长率比对照分别下降 32.27%、9.79%、17.93%。而感性较强的 74-4 号无性系对分月扇舟蛾幼虫的生长发育一般有显著的促进作用,取食后第 2、3、4 天的幼虫体重比对照分别上升 7.91%、8.23%、22.62%,每日体重增加量比对照分别上升 13.55%、9.03%、57.06%,相对生长率比对照分别上升 15.52%、0.10%、28.28%。仅取食后第 3 天的相对生长率与对照差异不显著。

表 1 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫生长的影响

Table 1 Effect of certain clones of *P. deltoides* on the growth of larvae of *C. anastomosis*

| 取食后<br>天数<br>Days after<br>feeding | 无性系<br>clone | 幼虫体重<br>Larvae<br>weight<br>(mg/头) | 每日体重<br>增加量<br>Weight growth<br>per day<br>(mg/头) | 相对生长率<br>Relative growth<br>rate<br>(mg/头) |
|------------------------------------|--------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 2                                  | 89-3         | 54.85 $\pm$ 2.78a                  | 15.11 $\pm$ 3.54a                                 | 0.275 $\pm$ 0.032a                         |
|                                    | 66-9         | 69.68 $\pm$ 3.01b                  | 27.79 $\pm$ 2.88b                                 | 0.399 $\pm$ 0.008b                         |
|                                    | 74-4         | 73.25 $\pm$ 3.55b                  | 34.38 $\pm$ 2.54bc                                | 0.469 $\pm$ 0.024bc                        |
|                                    | ck           | 67.88 $\pm$ 3.37b                  | 25.54 $\pm$ 3.68b                                 | 0.406 $\pm$ 0.034b                         |
| 3                                  | 89-3         | 73.96 $\pm$ 1.97a                  | 19.11 $\pm$ 2.24a                                 | 0.258 $\pm$ 0.018a                         |
|                                    | 66-9         | 96.16 $\pm$ 2.56b                  | 26.48 $\pm$ 2.41b                                 | 0.275 $\pm$ 0.019b                         |
|                                    | 74-4         | 102.96 $\pm$ 3.21b                 | 29.71 $\pm$ 3.28b                                 | 0.289 $\pm$ 0.007b                         |
|                                    | ck           | 95.13 $\pm$ 2.68b                  | 27.25 $\pm$ 2.68b                                 | 0.286 $\pm$ 0.043b                         |
| 4                                  | 89-3         | 97.01 $\pm$ 3.34a                  | 23.05 $\pm$ 2.59a                                 | 0.238 $\pm$ 0.038a                         |
|                                    | 66-9         | 135.28 $\pm$ 2.87b                 | 39.12 $\pm$ 3.47b                                 | 0.289 $\pm$ 0.021b                         |
|                                    | 74-4         | 164.01 $\pm$ 3.38c                 | 61.05 $\pm$ 3.08c                                 | 0.372 $\pm$ 0.012c                         |
|                                    | ck           | 134.00 $\pm$ 3.54b                 | 38.87 $\pm$ 3.37b                                 | 0.290 $\pm$ 0.017b                         |

注:表中数据为平均值  $\pm$  标准误,同一列数据后标有不同字母者是经 Duncan 新复极差检验差异显著( $P < 0.05$ ),下表同。

Data are presented as mean  $\pm$  SE, and the data followed by different letters in the same column are significantly different at the 0.05 level by Duncan's new multiple range test. The same below.

### 2.2 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫取食量的影响

从表 2 可以看出,抗性水平不同的无性系对分月扇舟蛾幼虫取食量有不同的影响。抗性较强的 89-3 号无性系对分月扇舟蛾幼虫取食量有显著的抑制作用,取食后第 2、3、4、5 天的取食量比对

对照分别下降 34.64%、37.88%、44.00%、11.85%。但第 6 天的取食量比对照略有上升。而感性较强的 74-4 号无性系对分月扇舟蛾幼虫取食量有一定的促进作用,取食后第 2、3、4、5、6 天的取食量比

对照分别上升 12.98%、0.95%、12.03%、7.99%、99.05%。且分月扇舟蛾取食抗性水平不同的无性系后,其取食量的变化趋势基本相似,均在第 5 天达到最高峰,然后开始下降。

表 2 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫取食量的影响

Table 2 Effect of certain clones of *P. deltoides* on food intakes by larvae of *C. anastomosis*

| 无性系<br>Clone No. | 取食量 (mg/头) Food intakes |                 |                  |                 |                |
|------------------|-------------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|
|                  | 2 d                     | 3 d             | 4 d              | 5 d             | 6 d            |
| 89-3             | 45.13 ± 3.27a           | 78.88 ± 2.58a   | 107.65 ± 5.63a   | 265.83 ± 15.24a | 97.94 ± 10.01a |
| 66-9             | 68.74 ± 5.68b           | 127.54 ± 9.64b  | 190.25 ± 8.54b   | 297.58 ± 8.54b  | 109.54 ± 7.54a |
| 74-4             | 78.01 ± 4.12bc          | 128.18 ± 9.54b  | 215.36 ± 14.21bc | 325.69 ± 9.65c  | 178.65 ± 8.65b |
| CK               | 69.05 ± 6.36b           | 126.97 ± 11.14b | 192.24 ± 11.35b  | 301.58 ± 11.24b | 89.75 ± 6.32a  |

表 3 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫排粪量的影响

Table 3 Effect of certain clones of *P. deltoides* on feces excretion of larvae of *C. anastomosis*

| 无性系<br>Clone No. | 排粪量 (mg/头) Feces excretion |               |                 |                  |               |
|------------------|----------------------------|---------------|-----------------|------------------|---------------|
|                  | 2 d                        | 3 d           | 4 d             | 5 d              | 6 d           |
| 89-3             | 16.98 ± 2.35a              | 48.88 ± 5.21a | 66.99 ± 5.47a   | 175.38 ± 10.24a  | 68.44 ± 5.47a |
| 66-9             | 31.44 ± 3.21b              | 81.22 ± 8.21b | 109.65 ± 5.67b  | 203.34 ± 9.77ab  | 59.68 ± 5.68a |
| 74-4             | 36.25 ± 2.58b              | 87.35 ± 6.35b | 127.73 ± 7.58bc | 236.98 ± 12.54bc | 65.67 ± 9.01a |
| ck               | 30.77 ± 1.98b              | 79.97 ± 4.46b | 112.35 ± 3.41b  | 195.69 ± 7.62ab  | 61.23 ± 7.73a |

### 2.3 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫排粪量的影响

从表 3 可以看出,抗性水平不同的无性系对分月扇舟蛾幼虫排粪量的影响与取食量的情况相似。分月扇舟蛾幼虫取食抗性较强的 89-3 号无性系后的第 2、3、4、5 天的排粪量比对照分别下降 44.81%、38.88%、40.37%、10.38%。但第 6 天的排粪量比对照略有上升。可见抗性较强的无性系对分月扇舟蛾的排粪量有一定的抑制作用。而分月扇舟蛾幼虫取食感性较强的 74-4 号无性系后的第 2、3、4、5、6 天的排粪量比对照分别上升 17.81%、9.23%、13.69%、21.10%、7.25%。可见感性无性系对分月扇舟蛾的排粪量有一定的促进作用。且分月扇舟蛾取食抗性水平不同的无性系后,其排粪量均是逐渐上升的,也都是在第 5 天达到最高峰,然后开始下降。这种上升和下降趋势与取食量的变化情况相似。

### 2.4 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫食料消耗和利用的影响

从表 4 可以看出,分月扇舟蛾取食 74-4 号无性系后第 2、3、4 天的食物利用率较对照分别提高

10.51%、8.01%、39.71%,食物转化率分别提高 14.44%、25.51%、43.21%。但近似消化率比对照分别下降 3.45%、13.97%、2.09%。分月扇舟蛾取食 89-3 号无性系后第 2 天的食物利用率和食物转化率较对照分别下降 16.05%、25.38%。取食后第 3 天的食物利用率下降了 7.50%,而食物转化率有所提高,但差异不显著。取食后第 4 天的食物利用率和食物转化率均有所上升,但差异也不显著。

## 3 讨论

昆虫对食物的选择取决于昆虫的内在因素和对外来刺激的感受,无性系间的遗传异质性是引起抗性差异的根本原因。许多试验表明,植食性昆虫对不同种类的食物及同种植物的不同无性系都具有食性上的差异(李新岗等,1991;李会平,2001;朱俊宏等,2005;梁洪柱等,2009)。作者(方杰等,2008)已报道抗性水平不同的美洲黑杨无性系对分月扇舟蛾的取食有不同的影响,而本研究进一步表明抗性水平不同的无性系对其生长发育和食物利用也具有明显的影响,其中抗性较强的

89-3 号无性系对分月扇舟蛾幼虫的生长发育有显著的抑制作用。

表 4 分月扇舟蛾幼虫取食美洲黑杨不同无性系后食料的消耗和利用

Table 4 Digestion and utilizing by larvae of *C. anastomosis* after feeding with certain clones of *P. deltoids*

| 取食后<br>天数<br>Days after<br>feeding | 无性系<br>Clone<br>No. | 近似消化<br>率(%)<br>Approximate<br>igestibility<br>(AD) | 食物利用率<br>(%)<br>Efficiency of<br>ingested of<br>food (ECI) | 食物转<br>化率(%)<br>Efficiency of<br>conversion of<br>digested food<br>(ECD) |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 2 d                                | 89-3                | 62.38 ± 3.21b                                       | 33.48 ± 3.24a                                              | 53.68 ± 7.24a                                                            |
|                                    | 66-9                | 54.26 ± 2.54a                                       | 40.43 ± 1.78b                                              | 74.50 ± 5.24b                                                            |
|                                    | 74-4                | 53.53 ± 2.89a                                       | 44.07 ± 1.86c                                              | 82.33 ± 1.32bc                                                           |
|                                    | CK                  | 55.44 ± 3.25a                                       | 39.88 ± 3.01b                                              | 71.94 ± 2.88b                                                            |
| 3 d                                | 89-3                | 38.03 ± 2.14b                                       | 19.85 ± 2.57a                                              | 63.70 ± 3.21a                                                            |
|                                    | 66-9                | 36.32 ± 1.98b                                       | 20.76 ± 2.14a                                              | 57.17 ± 5.57a                                                            |
|                                    | 74-4                | 31.85 ± 1.54a                                       | 23.18 ± 1.56b                                              | 72.77 ± 3.61b                                                            |
|                                    | CK                  | 37.02 ± 2.58b                                       | 21.46 ± 1.38a                                              | 57.98 ± 4.40a                                                            |
| 4 d                                | 89-3                | 37.77 ± 1.09a                                       | 21.41 ± 0.98a                                              | 56.69 ± 3.95a                                                            |
|                                    | 66-9                | 42.37 ± 3.12a                                       | 20.56 ± 1.25a                                              | 48.54 ± 3.24a                                                            |
|                                    | 74-4                | 40.69 ± 2.57a                                       | 28.35 ± 2.40b                                              | 69.67 ± 4.23b                                                            |
|                                    | CK                  | 41.56 ± 2.69a                                       | 20.22 ± 2.63a                                              | 48.65 ± 3.05a                                                            |

采用昆虫营养学的方法定量的比较昆虫对于食物的取食量、消化、利用、转化等营养指标,可以准确地了解不同食物对昆虫的营养效应。而充足的食物供给和充分的利用是昆虫生长发育过程必备的基本条件,不能获取和充分利用良好的食物将在昆虫生活史的多个方面引起不良的后果,如

个体小、竞争力降低、繁殖力下降等。这些后果,必然会导致昆虫在一个地区种群数量的大量下降。分月扇舟蛾取食感性较强的 74-4 号无性系后,其食物利用率和食物转化率都显著提高,说明该类无性系对分月扇舟蛾幼虫的生长发育有显著的促进作用;而取食抗性较强的 89-3 号无性系后,其食物利用率和食物转化率在第 2 天有显著下降,但随后表现不明显,其中的原因有待于进一步分析。

## 参考文献 (References)

- 方杰,赵博光,杨振德,2008. 美洲黑杨不同无性系对分月扇舟蛾幼虫的抗性. 昆虫知识, 45(1):88—92.
- 方杰,赵博光,杨振德,朱麟,2007. 美洲黑杨对分月扇舟蛾幼虫体内酶活性的影响. 南京林业大学学报, 31(2):127—129.
- 李镇宇,陈华盛,袁小环,许志春,王燕,1998. 油松对赤松毛虫的诱导化学防御. 林业科学, 34(2):43—50.
- 李会平,2001. 抗光肩星天牛优良黑杨无性系选择及抗虫机制的研究. 河北保定:河北农业大学硕士论文.
- 李新岗,张克斌,周嘉熹,1991. 影响黄斑星天牛寄主选择的因素. 西北林学院学报, 6(1):34—41.
- 梁洪柱,陈倩,张秋双,梁晓梅,赵若琼,田会鹏,2009. 寄主植物对杨扇舟蛾生长发育和存活的影响. 中国森林病虫, 28(2):13—14.
- 朱俊洪,张方平,任洪刚,2005. 四种食料植物对斜纹夜蛾生长发育及营养指标的影响. 昆虫知识, 42(6):643—646.