

文章编号: 1004 - 7271(2008)02 - 0164 - 06

四种饵料对瘤背石磺生殖性能的影响

吴旭干^{1,2}, 唐伯平², 滕炜鸣¹, 成永旭¹, 王金峰¹, 周波¹, 胡冰¹, 杨筱珍¹

(1. 上海水产大学农业部种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 200090;
2. 江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室, 江苏盐城 224002)

摘要:比较了螺旋藻粉(A组)、玉米粉(B组)、面粉(C组)和发酵猪粪(D组)四种饵料对成体瘤背石磺摄食、成活、产卵量和卵质量的影响。结果表明,(1)不同饵料对亲本的成活率无显著影响,各组成活率均在90%以上,面粉对亲本瘤背石磺具有较好的诱食性,发酵猪粪组的瘤背石磺摄食量较小;(2)B、C两组亲本的产卵总量明显大于A、D两组,其平均产卵量分别为每只亲本 7.27×10^4 个和 6.79×10^4 个,A、D两组亲本的平均产卵量仅为B、C两组的70%左右。B、C两组亲本的产卵高峰出现在8月26日左右,而A、D两组则出现在8月28-30日之间;(3)A组胚胎发育速度较快,孵化率达73.97%,显著高于其它三组($P < 0.05$),C组孵化率次之(38.26%),D组胚胎孵化率最低(7.71%),且胚胎发育不同步,孵化时间长达19~22 d。由此可见,面粉和玉米粉有利于提高瘤背石磺亲本的产卵量,螺旋藻粉组亲本的胚胎具有较高的孵化率。

关键词:瘤背石磺; 饵料; 生殖性能; 孵化率

中图分类号: Q 959.212; S 963.1 文献标识码: A

Effect of four diets on reproductive performance of broodstock *Onchidium struma*

WU Xu-gan^{1,2}, TANG Bo-ping², TENG Wei-ming¹, CHENG Yong-xu¹,
WANG Jin-feng¹, ZHOU Bo¹, HU Bing¹, YANG Xiao-zhen¹

(1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquaculture Ecosystem Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;
2. Jiangsu Provincial Key Laboratory of Coastal Wetland Bioresource and Environmental Protection, Yancheng 224002, China)

Abstract: The study was conducted to investigate the effects of Spirulina meal (A), corn meal (B), wheat flour (C) and fermented pig manure (D) on feeding, survival, egg production and egg quality of broodstock *Onchidium struma*. The results indicated that, (1) there wasn't significant difference on survival rate among four groups with survival rate of more than 90% in all groups. The broodstock *Onchidium struma* seemed to like to eat wheat flour, while they eat less fermented pig manure than other diets. (2) The broodstock of group B and group C had more total egg production than group A and group D, and average egg production per

收稿日期: 2007-06-16

基金项目: 上海市科委基础研究重点项目(04JC14067); 上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字2005D4-3); 江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室开放基金(JLCBE052002)

作者简介: 吴旭干(1978-), 男, 江苏大丰人, 在职博士, 讲师, 主要从事水生动物营养繁殖学方面的研究。Tel: 021-65711346, E-mail: xgwu@shfu.edu.cn

通讯作者: 成永旭, Tel: 13371935236; 021-65711346, E-mail: yxcheng@shfu.edu.cn

individual of group A and group D was only 70% of those of group B and group C. The spawning peak of group A and group D occurred on August 26, while that of group B and group C occurred from August 28 to 30. (3) The embryo produced by group A developed quicker than those eggs produced by other groups. The hatching rate of group A was 73.97%, which was higher than that of other three groups ($P < 0.05$). The eggs produced by group C had higher hatching rate than those produced by group B and group D. The lowest hatching rate could be found in group D (7.71%), whose embryo developed asynchronously with long hatching period of 19–22 days. In conclusion, wheat flour and corn meal can improve the egg production of broodstock *Onchidium struma*, while the group fed Spirulina meal has higher hatching rate than other groups.

Key words: *Onchidium struma*; diets; reproductive performance; hatching rate

瘤背石磺 (*Onchidium struma*) 是一种具有重要营养价值和药用价值的经济贝类, 主要分布于我国江、浙、沪沿海咸淡水交汇处的潮间带高潮区^[1-2]。近年来由于环境污染和人为滥捕, 瘤背石磺的自然资源量正在迅速下降, 因此迫切需要开展瘤背石磺人工增养殖, 以满足市场需求^[3]。目前江浙部分地区已开始进行瘤背石磺的网围养殖^[3], 但是由于其人工繁殖难题并没有完全解决, 养殖所需要的苗种主要来源于野生^[4], 这非常不利于瘤背石磺的自然资源保护和增养殖业的可持续发展。

有研究表明, 亲本的营养状况对贝类性腺发育、产卵、生殖性能和幼体质量具有极大的影响^[5-7], 通过给贝类亲本投喂优质的适口饵料, 可以提高其生殖性能和幼体质量, 从而培育健康苗种^[8-10]。但是迄今为止, 有关成体瘤背石磺的饵料研究较少, 张媛溶等研究表明野外条件下瘤背石磺主要摄食有机碎屑和底栖硅藻等^[1], 沈和定等研究表明室内条件下瘤背石磺对玉米粉的消化率最高^[11], 而王金庆等发现在室内条件下瘤背石磺摄食螺旋藻粉和面粉可以顺利交配和产卵^[2], 但是由于缺乏不同饵料对瘤背石磺生殖性能影响的研究, 无法客观评价这些饵料对其繁殖的效果, 这非常不利于瘤背石磺亲本的饵料选择。鉴于此, 比较了螺旋藻粉、玉米粉、面粉和发酵猪粪对成体瘤背石磺摄食、成活、产卵量和卵质量的影响, 以期对瘤背石磺亲本的饵料选择提供基础资料和实践参考, 从而促进瘤背石磺繁殖技术的提高。

1 材料与方法

1.1 试验材料和养殖管理

试验用成体瘤背石磺于 2006 年 7 月 2–8 日采自上海崇明岛北支芦苇滩涂湿地 (N31°38', E121°41'), 所采瘤背石磺的体重为 14~20 g, 共 321 只, 暂养一周后用于试验。钝顶螺旋藻粉购自云南施普瑞生物工程公司, 玉米粉和面粉购自易初莲花超市, 发酵猪粪取自上海富民农场养猪场, 四种饵料的一般营养成分见表 1。

表 1 四种饵料的一般营养组成
Tab. 1 Proximate composition of four diets

饵料	水分 (%)	粗蛋白 (% DW)	粗脂肪 (% DW)	碳水化合物 (% DW)	灰分 (% DW)
A 螺旋藻	5.38	66.82	7.15	13.24	4.30
B 玉米粉	10.16	8.89	3.67	80.53	1.75
C 面粉	12.43	13.71	1.33	76.80	0.53
D 发酵猪粪	42.25	9.37	5.32	25.34	36.92

1.2 试验分组和养殖管理

试验于 2006 年 7 月 15 日–9 月 15 日在上海水产大学养殖生态实验室进行, 共两个月。试验分为 4 组, 取暂养后的瘤背石磺 200 只随机放入 4 只 200 L (0.75 m × 0.48 m × 0.60 m) 的塑料水族箱中 (每箱 50 只亲本瘤背石磺, 各箱亲本体重基本接近, 平均为 17 g), 箱底铺 15 cm 细土, 中间形成一个凹潭,

凹潭中间始终保持 5 cm 深的水, 每日用盐度为 15 的海水泼洒于细土上, 保持水族箱内湿度接近于 100%。四个水族箱分别投喂螺旋藻粉、玉米粉、面粉和发酵猪粪, 以下分别简称 A、B、C、D 组。每日下午投喂饵料, 同时清除粪便和残饵, 并换取适量新鲜海水和细土, 以保持亲本石磺良好的生长环境, 每日观察和记录各组亲本摄食、产卵和死亡情况。

由于试验所采用的亲本石磺卵巢发育已经基本成熟, 所以其第一次产卵不能准确反映不同饵料对其生殖性能的影响^[5,7], 故自投喂不同饵料 1 个月后开始收集各组石磺所产卵块, 洗净后吸干表面水分准确称重(精确度 0.1 g), 用于生殖性能评价。

1.3 生殖性能测定

1.3.1 产卵量和生殖力

统计一个产卵周期内(15 d 左右)各组亲本所产卵块总重量, 计算平均每个亲本瘤背石磺的产卵量(个/只) = 卵块总重量/(单卵湿重 × 亲本个体)。

1.3.2 单卵湿重和干重

准确称取 0.1 g 左右的卵块, 在解剖镜下精确统计其数量, 计算单卵湿重(μg) = 卵块重/卵的个数。同时称取 0.5 g 左右的卵块在 60 °C 下烘干至恒重, 测定卵中的水分含量, 然后计算单卵干重(μg) = 单卵湿重 × (1 - 水分含量)。

1.3.3 卵径

每组饵料各挑选 100 只左右的胚胎(囊胚期), 在 Olympus 显微镜下用目测微尺测量卵的长径(精确到 10 μm), 共重复测定 3 次。

1.3.4 孵化率

每只水族箱各取 300 只左右的胚胎平均装入 3 只 500 mL 玻璃烧杯中, 烧杯中盛有盐度为 15 的过滤海水 400 mL, 微量充气, 水温控制在 (25 ± 1) °C 条件下进行孵化, 每日换水 100%, 同时观察胚胎发育情况, 试验结束时计算孵化率(%) = 面盘幼虫数/卵的个数 × 100。

1.4 生化分析

根据 AOAC(1985)的标准方法^[12]采用凯氏定氮法测定粗蛋白(×6.25 换算因子), 550 °C 灼烧测定灰分, 105 °C 条件下烘干到恒重测定水分。采用 Folch 法(氯仿: 甲醇 = 2:1)测定饵料的总脂含量^[13], 碳水化合物的测定采用苯酚-硫酸法, 标样为葡萄糖^[14], 每种饵料重复测定两次。

1.5 数据处理

利用 Stat 5.5 软件对试验数据进行统计分析, 所有数据均采用平均值 ± 标准差表示, 用 Levene's 法进行齐性方差检验, 当不满足齐性方差时, 对数据进行反正弦或者平方根转换, 采用 Duncan's 法进行单因子多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 四种饵料对亲本瘤背石磺的摄食和成活的影响

C 组(面粉)饵料对亲本瘤背石磺的诱食性最好, 每次投喂后石磺便开始爬到饵料附近开始主动摄食, 亲本瘤背石磺对 A 组(螺旋藻粉)和 B 组(玉米粉)两组饵料的摄食速度较慢, 通常投喂后 2~3 h 后才能观察到瘤背石磺开始摄食, 但是瘤背石磺对 A 组饵料摄食较为彻底, 剩余饵料较少。D 组(发酵猪粪)饵料对亲本瘤背石磺的诱食性最差, 试验开始两周内瘤背石磺基本不摄食发酵猪粪, 故很难发现瘤背石磺的粪便, 试验开始两周后才开始少量摄食, 但是摄食量远低于上述三种饵料。

在为期两个月的试验中, 各组亲本的成活率均在 90% 以上, A 组最低为 92%, B 组最高为 98%, 其余两组均为 94% (图 1), 各组亲本的死亡主要发生在 8 月份。

2.2 四种饵料对亲本瘤背石磺产卵量和产卵时间的影响

试验中所采用的亲本瘤背石磺卵巢发育已经基本成熟, 所以其第一次产卵不能准确反映不同饵料

对其生殖性能的影响,同时瘤背石磺的每次产卵间隔为 15 d 左右^[15],为了尽量消除试验前的营养条件对亲本生殖性能的影响,故试验中自投喂不同饵料 1 个月后,开始收集各组石磺所产卵块用于评价其生殖性能。由表 2 可知,B 和 C 两组亲本的产卵总量和平均产卵量均明显大于 A、D 两组,A、B 两组亲本的平均产卵量较低,仅为 B 组和 C 组的 70% 左右。此外,B 组和 C 组亲本的产卵时间均略长于 A 组和 D 组。

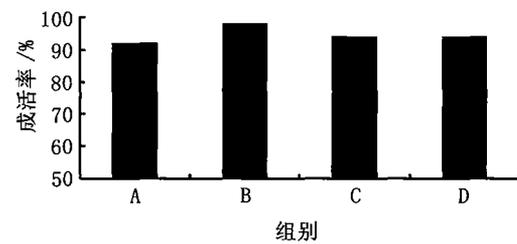


图 1 四组亲本瘤背石磺的成活率
Fig. 1 Survival rate of broodstock *Onchidium struma* fed four diets

表 2 四组饵料对瘤背石磺产卵总量、平均产卵量和产卵持续时间的影响

Tab. 2 Effect of four diets on total egg production, average egg production per individual and spawning period of broodstock *Onchidium struma*

组别	产卵总量($\times 10^4$)	平均产卵量($\times 10^4$)	产卵时间(d)
A 螺旋藻组	228.73	4.97	14
B 玉米粉组	356.41	7.27	15
C 面粉组	325.94	6.79	16
D 猪粪组	237.87	4.96	14

由图 2 可知,B、C 两组亲本的产卵高峰均出现在 8 月 26 日左右,而 A、D 两组则出现在 8 月 28 - 30 日之间,A、D 两组亲本高峰期的每日产卵量远低于 B、C 两组亲本,8 月 30 日后各组亲本的产卵量均显著下降,9 月 3 日后均没有再发现各组亲本所产的卵块。

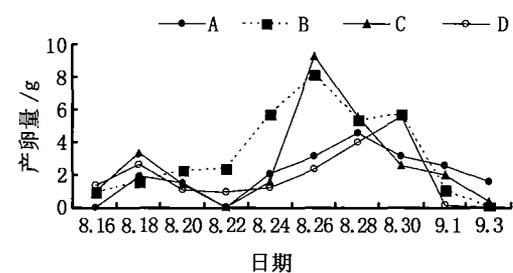


图 2 四组亲本瘤背石磺的日产卵重量变化情况
Fig. 2 Changes of total egg wet weight produced by four group broodstock *Onchidium struma*

2.3 四种饵料对亲本瘤背石磺卵质量影响

由表 3 可知,各组亲本瘤背石磺所产卵的湿重无显著差异($P > 0.05$),单卵湿重均在 9 ~ 11 μg 之间,但是 C 组的单卵干重显著小于 D 组($P < 0.05$),其它三组的单卵干重无显著差异($P > 0.05$),均在 1.3 ~ 1.6 μg 之间,各组卵的长径也无显著差异($P > 0.05$)。就孵化率而言,A 组卵的平均孵化率高达 73.97%,显著高于其它三组($P < 0.05$),C 组卵的平均孵化率为 38.26%,显著高于 B 组和 D 组($P < 0.05$),B 组和 D 组的平均孵化率仅为 8% 左右。D 组胚胎发育缓慢,在囊胚阶段就出现大量畸形卵和死卵,而 B 组和 C 组在胚胎发育到担轮幼虫阶段开始出现大量死卵,A 组胚胎发育速度明显快于其它三组,胚胎发育过程中很少出现死卵。

表 3 四组饵料对瘤背石磺的卵质量影响

Tab. 3 Effect of four diets on egg quality of *Onchidium struma*

组别	单卵湿重($\mu\text{g}/\text{个}$)	单卵干重($\mu\text{g}/\text{个}$)	卵的长径(μm)	胚胎发育时间(d)	孵化率(%)
A 螺旋藻组	10.44 \pm 1.33	1.49 \pm 0.19 ^{ab}	217 \pm 11	18 ~ 19	73.97 \pm 9.36 ^a
B 玉米粉组	10.10 \pm 1.61	1.37 \pm 0.22 ^{ab}	211 \pm 15	19 ~ 21	9.31 \pm 3.15 ^c
C 面粉组	9.19 \pm 0.80	1.15 \pm 0.10 ^a	219 \pm 21	19 ~ 21	38.26 \pm 7.98 ^b
D 猪粪组	10.15 \pm 1.21	1.58 \pm 0.19 ^b	213 \pm 17	19 ~ 22	7.71 \pm 1.73 ^c

3 讨论

3.1 亲本瘤背石磺的食性

有研究表明野外条件下瘤背石磺主要摄食有机碎屑、植物碎片、底栖硅藻和丝藻等^[1,16], Deshpande 等通过给沃氏石磺(*Onchidium verruculatum*)投喂碎藤壶、腔肠动物、团扇藻和石莼的混合物,通过胃含物分析发现该石磺种类主要以团扇藻和石莼等海藻为食^[17]。沈和定等研究表明玉米粉和菜粕对瘤背石磺的养殖效果较好,而瘤背石磺对次粉的消化率较低,仅为 4.87%^[11]。试验结果表明面粉对瘤背石磺的诱食性较好,亲本石磺摄食较快,瘤背石磺也可顺利摄食玉米粉和螺旋藻粉,但是发酵猪粪的饵料效果较差,瘤背石磺的摄食量较小,但是滕炜鸣研究表明野外网围条件下亲本瘤背石磺大量摄食发酵猪粪,可以取得较好的繁殖效果^[15]。造成这种差异的原因可能是发酵猪粪在野外条件下经过雨水冲刷,去除了部分重金属等有毒成分^[18],同时猪粪在野外条件下有大量附着微生物、原生动物和附着藻类在其表面,从而提高了其营养价值^[19]。

3.2 不同饵料对瘤背石磺生殖性能的影响

研究表明,尽管螺旋藻粉中具有较高的粗蛋白含量(66.82%),但是玉米粉组和面粉组的亲本瘤背石磺的产卵总量和平均产卵量却远大于投喂螺旋藻粉的亲本石磺,其原因可能是瘤背石磺对碳水化合物具有较强的利用能力,所以其饵料中必需具有高含量的碳水化合物。滕炜鸣研究表明成体瘤背石磺肌肉中含有 17% 左右的碳水化合物,这些碳水化合物可能主要来自于食物^[15],有研究表明同属于腹足类的驴耳鲍(*Haliotis asinina*)饵料中通常需要 40%~50% 的碳水化合物才能获得较好的生长和生殖效果,饵料 20%~30% 的蛋白质就可以满足其蛋白需求了^[8,20],故玉米粉和面粉组的亲本产卵量较大。尽管螺旋藻粉组的产卵量小于面粉组和玉米粉组,但是该组卵的质量却最好,胚胎发育速度快且同步性好,平均孵化率高达 73.97%,显著高于其它三组,这是因为螺旋藻粉中的必需氨基酸含量(EAA, 20%左右)、亚麻酸(LN, 占总脂肪酸的 17%)和亚油酸(LNA, 占总脂肪酸的 16.60%)含量较高^[21],这对于贝类的性腺发育和生殖是十分重要的^[8-10]。尽管面粉组和玉米粉组的产卵总量比较接近,但是前者的孵化率(38.26%)显著高于后者(9.31%),这可能与面粉中的蛋白质含量高于玉米粉有关。尽管发酵猪粪中含有 9.37% 的粗蛋白和 25.34% 的碳水化合物,但是发酵猪粪组的亲本瘤背石磺生殖性能最差,这是因为发酵猪粪中的蛋白和碳水化合物可能不容易被瘤背石磺消化吸收,此外发酵猪粪中含有较多的有机酸和重金属等有毒成分,可能也是造成该组生殖性能差的一个重要原因^[18]。因此,发酵猪粪不适合作为室内养殖条件下亲本瘤背石磺的饵料。试验中无论投喂何种饵料,瘤背石磺的平均产卵量和孵化率均低于野生亲本,野生亲本的平均产卵量和孵化率分别为每只亲本 10.14×10^4 个和 92.50%^[15],这是因为野生条件下瘤背石磺的饵料种类较多,各种饵料的营养成分具有互补性,从而有利于其性腺发育和产卵,因此采用混合饵料投喂亲本瘤背石磺可能有利于提高其生殖性能。

目前,有关不同饵料对贝类生殖性能的影响研究较少,有限的研究主要局限在饵料中高度不饱和脂肪酸(HUFA)对贝类卵巢发育和生殖性能的影响^[5-8]。研究结果饵料中不同蛋白和碳水化合物含量对瘤背石磺生殖性能有着极大的影响,瘤背石磺的产卵量可能与饵料中碳水化合物含量有关,螺旋藻粉组胚胎的高孵化率可能与其含有的必需氨基酸和脂肪酸有关。由此可见,面粉和螺旋藻粉是亲本瘤背石磺的适宜饵料,下一步研究需要探明亲本饵料中不同含量螺旋藻粉和面粉对瘤背石磺生殖性能的影响,以得出两者之间最佳的比例。

参考文献:

- [1] 张媛溶,周昭曼,卢卫平,等. 上海沿海蛤蟆石磺的初步研究[C]//贝类学论文集第二辑,中国贝类学会编. 北京:科学出版社,1986:153.
- [2] 王金庆,成永旭,吴旭干,等. 瘤背石磺的形态、习性和生殖行为[J]. 动物学杂志,2005a,40(1):32-40.
- [3] 王金庆,成永旭,吴旭干,等. 瘤背石磺的生殖系统和性腺发育[J]. 动物学杂志,2006,41(1):19-26.

- [4] 王金庆,成永旭,吴旭干,等. 瘤背石磺的胚胎和幼虫发育[J]. 上海水产大学学报,2005,14(2):108-115.
- [5] Soudant, Marty Y, Moal J, et al. Effect of food fatty acid and sterol quality on *Pecten maximus* gonad composition and reproduction process [J]. Aquaculture, 1996, 143:361-178.
- [6] Soudant, Moal J, Marty Y, et al. Impact of the quality of dietary fatty acids on the metabolism and the composition of polar lipid class in female gonads of *Pecten maximus* (L.) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1996, 205:149-163.
- [7] Arellano-Martinez M, Racotta I S, Ceballos-Vazquez B P, et al. Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico [J]. J Shellfish Res, 2004, 23:15-23.
- [8] Bautista-Teruel M N, Millamena O M, Fermin A C. Reproductive performance of hatchery-bred donkey's ear abalone, *Haliotis asinina*, Linne, fed natural and artificial diets [J]. Aquaculture Research, 2001, 32(Suppl.):249-254.
- [9] Uriarte I, Farias A, Hernandez J, et al. Reproductive conditioning of Chilean scallop (*Argopecten purpuratus*) and the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*): effects of enriched diets [J]. Aquaculture, 2004, 230:349-357.
- [10] Pernet F, Tremblay R, Bourget E. Biochemical indicator of sea scallop (*Placopecten Magellanicus*) quality based on lipid class composition. Part I: broodstock conditioning and young larval performance [J]. J Shellfish Res, 2003, 22:365-375.
- [11] 沈和定,陈汉春,陈贤龙,等. 几种饲料对石磺的暂养效果及其消化率的初步研究[J]. 上海水产大学学报,2004,13(4):293-297.
- [12] AOAC. Williams S. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14th edn [C]//Arlington, VA, 1985: 114.
- [13] Folch J, Lees M, Sloane Stanley G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. J Biol Chem, 1957, 226:497-509.
- [14] 张惟杰. 复合多糖生化研究技术 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1987:6-7.
- [15] 滕炜鸣. 瘤背石磺繁殖技术及其性腺发育期间生化组成的变化研究 [D]. 上海:上海水产大学硕士论文,2007,14-54.
- [16] 邱立言. 苏沪沿海瘤背石磺的形态和习性 [J]. 动物学杂志,1991,26(3):33-36.
- [17] Deshpande U D, Nagabhushanam R, Hanumante M M. Reproductive ecology of the marine Pulmonate, *Onchidium verruculatum* [J]. Hydrobiologia, 1980, 71:83-85.
- [18] 吕凯,石英尧,高振魁. 猪粪的成分及其利用的研究 [J]. 安徽农业科学,2001,29(3):373-374,389.
- [19] 王武. 鱼类增养殖学 [M]. 北京:中国农业出版社,2000:17-22.
- [20] Thongrod S, Tamtin M, Chairat C, et al. Lipid to carbohydrate ratio in donkey's ear abalone (*Haliotis asinina* Linne) diets [J]. Aquaculture, 2003, 225:165-174.
- [21] 董育红,封涛,张振兰,等. 螺旋藻的营养成分分析 [J]. 食品研究与开发,2003,24(3):70-71.