

温度对花斑副沙鳅仔鱼发育、摄食及不可逆点的影响

杨明生^{①②} 肖汉兵^{①③*} 曾令兵^{①③} 李建华^② 黄孝湘^②

① 中国水产科学研究院淡水生态与健康养殖重点开放实验室 中国水产科学研究院长江水产研究所 武汉 430223;

② 湖北工程学院生命科学技术学院 孝感 432000; ③ 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 无锡 214081

摘要:2011年4~5月,研究了温度对花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata*)早期仔鱼的发育、初次摄食时间、群体摄食率及不可逆点(PNR)的影响。结果发现,花斑副沙鳅仔鱼出膜后2 d已开始摄食;初次群体摄食率最高值出现在卵黄囊耗尽后的1~2 d,花斑副沙鳅仔鱼的摄食强度随温度升高而增大。仔鱼抵达PNR的时间随温度升高而缩短:22℃时,仔鱼的PNR出现在出膜后的8.0~9.0 d;26℃时,PNR为7.0 d;28℃时,PNR为5.5 d;30℃时,PNR为5.0 d。最大初次摄食率至PNR之间为不可逆饥饿期,22℃时为3.5 d,30℃时仅为1.5 d,说明温度越高,仔鱼耐受饥饿的能力越差,越不利于仔鱼的存活。研究认为,温度对花斑副沙鳅仔鱼发育、摄食及不可逆点的影响较大;在苗种培育过程中,应根据温度确定投饵时间,适时投饵对仔鱼的成活显得尤其重要。

关键词:花斑副沙鳅;仔鱼;温度;摄食率;不可逆点

中图分类号:S965 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)04-114-07

Effect of Temperature on Development, Feeding and the Point of No Return of the Larvae of *Parabotia fasciata*

YANG Ming-Sheng^{①②} XIAO Han-Bing^{①③*} ZENG Ling-Bing^{①③}

LI Jian-Hua^② HUANG Xiao-Xiang^②

① Key Lab of Freshwater Ecology and Healthy Aquaculture, Chinese Academy of Fishery Sciences; Fish Pathology Laboratory, Yangtze River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223;

② College of Life Science, Hubei Engineering University, Xiaogan 432000;

③ Freshwater Fisheries Research Center of Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China

Abstract: Studies were conducted to examine the effects of temperature on larval and juvenile development, initial feeding timing, the group feeding rate and the point of no return (PNR) of the larvae of *Parabotia fasciata* during April to May, 2011. The results showed that the larval mouth opened 2 days after hatching and the group feeding rate peaked 1–2 days after the yolk sac exhaustion. The feeding intensity of the larvae of *P. fasciata* increased as the temperature rose. The time the larvae of *P. fasciata* reaching PNR shortened as the temperature rose, PNR appeared in 8.0–9.0 days after hatching at 22℃, in 7.0 d at 26℃, in 5.5 d at 28℃, and in 5.0 d at 30℃. The period between the feeding ratio reaching the peak and PNR is the starvation phase

基金项目 中国水产科学研究院淡水生态与健康养殖重点开放实验室项目(No. 2010FEA03020);

* 通讯作者, E-mail: xhb@yfi.ac.cn;

第一作者介绍 杨明生,男,教授;研究方向:鱼类生态学;E-mail: xgyms@126.com。

收稿日期:2011-12-12,修回日期:2012-02-25

of no return. At 22°C, the starvation phase of no return lasted 3.5 days while that of 30°C lasted 1.5 days. These results showed that the higher the temperature, the lower the larvae starvation endurance and the lower the survival rate. The study proves that temperature has a great effect on development, feeding and the point of no return of the larvae of *P. fasciata*. At different temperatures, proper feeding timing is of great importance to the survival of the larvae of *P. fasciata*.

Key words: *Parabotia fasciata*; Larvae; Temperature; Feeding rate; The pint of no return (PNR)

绝大部分的卵生鱼类在仔鱼发育过程中,要经历从内源性营养向外源性营养的转变过程,刚孵出的仔鱼以卵黄囊中的卵黄为营养,随着摄食器官的逐渐形成和卵黄的逐渐吸收,转为外源性营养阶段。研究表明,许多鱼类最初的饥饿出现在卵黄囊完全消失时^[1]。由于卵黄囊仔鱼没有摄食能力,或者其摄食及消化能力尚处于适应和强化的阶段,外源性营养的获得和利用没有保证,卵黄营养对于仔鱼的发育和生存具有非常重要的意义。因此,研究在食物短缺情况下仔鱼的生存能力和身体参数的特征,比较不同条件下饥饿仔鱼的适应对策,将有助于分析和了解饥饿等环境胁迫对鱼类早期生活史的影响,确定恰当的投饵时间,从而进一步揭示鱼类种群数量变动与食物资源环境的复杂关系和相互作用机理。

国外对海水鱼类的仔鱼生态研究比较深入^[2]。Blaxter 等在 1963 年首次提出了初次摄食期仔鱼饥饿“不可逆点”(the point of no return, PNR),即初次摄食期仔鱼耐受饥饿的时间临界点,并对初次摄食期仔鱼耐饥饿能力和导致仔鱼死亡的饥饿程度进行了描述^[3]。不同鱼类的仔鱼抵达 PNR 的时间不同,与鱼卵的孵化时间、温度及卵黄容量等有关。孵化时间长、卵黄容量大、温度低、代谢速度慢,PNR 出现晚;反之,则 PNR 出现早。如升温 5°C,可使大西洋鲑(*Salmo salar*)提早 1 d 抵达 PNR^[4]。一些学者将鱼类的仔鱼从内源性营养转化到外源性营养的过渡阶段称为“危险期”或“临界期”^[5]。食物有效性的大幅度变化,会导致鱼类在个体发育过程中面临不同程度的饥饿^[6-7]。在养殖生产中,研究不同温度下仔鱼初次摄食时间和 PNR,对于育苗生产具有重要

的意义。

花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata*)属鳅科(Cobitidae)沙鳅亚科(Botiinae)副沙鳅属,是中国的特有物种,分布于各大水系,对其研究主要在生物学方面^[8]。花斑副沙鳅具有很好的营养价值和重要的经济价值,目前还是野生鱼类,尚未进行大规模的驯化和人工养殖。近年来,随着各大江河水系水体污染和富营养化的加剧,大型水利工程的修建,花斑副沙鳅的生存环境越来越差。加上不合理的渔法和过度捕捞,其野生资源量越来越少,在有些地区的售价已高达 300 ~ 400 元/kg,如能开展人工饲养将具有广阔的前景。本文研究了温度对人工繁殖的花斑副沙鳅仔鱼的摄食及不可逆点的影响,测定了不同温度下花斑副沙鳅初孵仔鱼的饥饿半致死时间、饥饿过程对仔鱼全长变化的影响,探索了仔鱼期不同温度下合理的投饵时间,旨在丰富花斑副沙鳅生物学资料,为大规模的人工繁殖和资源增殖奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料和方法 花斑副沙鳅亲本采自孝感市澠河,选择体质健壮,无伤无病,性腺发育好的亲鱼在室内暂养于塑料水箱中,水温用控温器控制在(24.0 ± 0.5)°C。2011 年 4 月 26 日,进行人工催产和干法授精,获得受精卵。来自同一组亲鱼的受精卵在不同水温下进行充气孵化,设为室温(20°C)、22°C、24°C、26°C、28°C 和 30°C 共 6 个孵化温度,每一温度下用 1 个塑料箱(65 cm × 45 cm × 35 cm)放入 20 cm 深的水,用恒温控制器控制温度,每箱中放 3 个 2 L 烧杯(A、B、C),每个烧杯中放入 1 000 多粒受精卵进行孵化,孵化过程中用空气泵同时向烧

杯和塑料箱连续充气,每天每个烧杯用同箱中的水换1次。孵化过程及仔鱼期用体视显微镜(SZX-ILLK200, Olympus)进行观察和显微测量。

1.2 仔鱼形态学观测 仔鱼孵出后,用空气泵连续充气。从仔鱼出膜开始,不喂食,每天2次(7:00时和19:00时)从每个温度组A烧杯中随机取20尾,用MS-222 15 mg/L麻醉后,在解剖镜下测量仔鱼的全长、卵黄囊的长径和横轴,取平均值。每天观察仔鱼的生长变化,直到实验结束。对仔鱼卵黄囊的测量,主要是测量卵黄囊前端膨大的椭球形部分的体积,卵黄囊体积计算方法:

$$V = (4\pi/3) \cdot [(r/2)^2 \cdot (R/2)]$$

其中, V 为卵黄囊体积(mm^3), R 为卵黄囊的长径(mm), r 为卵黄囊的短径(mm)。

1.3 仔鱼初次摄食率的测定 仔鱼群体初次摄食率的测定在1 L烧杯中进行,从B烧杯中刚孵出的仔鱼移入1 L烧杯中饲养,4 h后,取样进行第1天的初次摄食率测定,以后每日7:00、19:00时测定2次摄食率,每次2个重复,取平均值作为当日摄食率。每次每温度组随机捞取20尾仔鱼,分别移入1 L烧杯中,以100目筛绢过滤后的蛋黄颗粒饲喂仔鱼,每次摄食时间为2 h;然后将仔鱼取出麻醉,在解剖镜下逐一观察其摄食状况,摄食蛋黄颗粒后的仔鱼,腹部肠道呈亮黄色。摄食个体的尾数占每次观察总尾数的百分数即为仔鱼群体的初次摄食率,求出最高初次摄食率。

1.4 仔鱼不可逆点(PNR)的确定 不可逆点也称为不可逆转饥饿或生态死亡点,不可逆点以孵化后天数(d)表示。依Blaxex等,当所测定的仔鱼摄食发生率为最高初次摄食发生率的50%时,该时间点即为仔鱼抵达PNR的时间^[3],不可逆点是初次摄食期仔鱼耐受饥饿的时间临界点,仔鱼饥饿至该点时,尽管还能继续存活一段时间,但已经虚弱得不可能再恢复摄食能力。最大摄食率至PNR之间为不可逆饥

饿期。PNR测定时从C烧杯中取样,不喂食,直养到全部死亡为止。

2 结果

2.1 不同温度下仔鱼形态特征 在不同温度条件下,花斑副沙鳅受精卵的出膜时间有所不同。4月28日10:00时以后,花斑副沙鳅仔鱼先后孵出,孵出顺序依次为:30℃、28℃、26℃、24℃、22℃、20℃。温度越高,仔鱼孵化期越短。初孵仔鱼身体略向内弯曲,侧身静卧于水底,间歇性扭动身体。体节26~34,体表透明,卵黄囊呈橙黄色,从头部一直延伸至肛门处,其前端膨大成球型,胸部往后比较细长,眼径0.2 mm,口未张开,无摄食能力,完全营内源性营养。随着卵黄逐渐被吸收,仔鱼的眼、口、消化道和鳍等与摄食有关的器官迅速发育。1 d的仔鱼,卵黄囊最大。2 d仔鱼的卵黄囊较大,清晰可见。3~4 d仔鱼的卵黄囊明显减小,仔鱼肛门处可见少量粪便。5 d卵黄囊已全部消失。未投喂食物的6~9 d的仔鱼生长停滞,体长未发生明显变化,且饥饿特征逐渐显现出来,消瘦,头大体小,背薄尾尖。

2.2 不同温度下仔鱼的全长及卵黄囊的体积

每组温度下从A烧杯中随机取20尾仔鱼,显微测量,取平均值。各温度下,初孵仔鱼全长为(2.73±0.10) mm(表1)。初孵仔鱼卵黄囊长径及短径分别为(0.90±0.03) mm和(0.80±0.01) mm($n=100$),卵黄囊体积为(0.27±0.05) mm^3 。当仔鱼的卵黄囊消失后,仔鱼的全长达到最大值,但在不同温度下,仔鱼的全长有明显区别,各温度下仔鱼的最大全长及卵黄囊消失的时间见表2。

2.3 不同温度对花斑副沙鳅仔鱼摄食率及PNR的影响 花斑副沙鳅仔鱼在孵出后2 d开始初次摄食,此时30℃下仔鱼的初次摄食率最高,为58.25%,而室温(20℃)时最低,仅为15.78%。不同日龄的仔鱼在不同温度下群体的初次摄食率见表3。

表 1 不同温度下不同日龄时仔鱼的全长($n=20$,单位:mm)Table 1 Total length of *Parabotia fasciata* larva at different temperatures and day old

孵出后的日龄(d) Day after larvae hatching	不同温度下仔鱼的全长 Total length of larva at different temperatures					
	30℃	28℃	26℃	24℃	22℃	20℃
0.5	2.82	2.79	2.76	2.71	2.68	2.63
1.0	3.52	3.39	3.12	2.96	2.88	2.86
1.5	3.88	3.76	3.48	3.27	3.01	3.22
2.0	3.90	4.00	3.84	3.71	3.29	3.45
2.5	3.88	4.03	4.12	4.04	3.48	3.71
3.0	3.89	4.02	4.09	4.21	3.75	3.98
3.5	3.91	3.98	4.11	4.22	4.02	4.14
4.0	3.89	3.97	4.10	4.21	4.18	4.29
4.5	3.92	4.01	4.13	4.17	4.39	4.32
5.0	3.91	4.00	4.08	4.21	4.43	4.26
5.5	3.87	4.02	4.07	4.20	4.37	4.29
6.0	3.89	3.99	4.09	4.18	4.40	4.33
6.5	3.91	3.98	4.11	4.19	4.44	4.26
7.0	3.91	4.01	4.13	4.21	4.39	4.27
7.5	3.88	4.00	4.09	4.17	4.38	4.29
8.0	—	3.99	4.12	4.18	4.42	4.31
8.5	—	—	4.10	4.22	4.41	4.33
9.0	—	—	4.11	4.21	4.42	4.28
9.5	—	—	—	4.19	4.38	4.29
10.0	—	—	—	4.17	4.37	4.26
10.5	—	—	—	—	4.40	4.30
11.0	—	—	—	—	4.41	4.32
11.5	—	—	—	—	4.39	—
12.0	—	—	—	—	—	—

“—”表示仔鱼已死亡。“—”larvae death.

表 2 不同温度和日龄仔鱼的卵黄囊体积($n=20$,单位:mm³)

Table 2 The yolk sac volume of larva at different temperatures and day old

孵出后的日龄(d) Day after larvae hatching	不同温度下仔鱼的卵黄囊体积 The yolk sac volume of larva at different temperatures					
	30℃	28℃	26℃	24℃	22℃	20℃
0.5	0.23	0.24	0.25	0.26	0.32	0.30
1.0	0.13	0.17	0.22	0.23	0.28	0.26
1.5	0.04	0.10	0.16	0.19	0.22	0.21
2.0	—	0.04	0.11	0.14	0.19	0.16
2.5	—	—	0.04	0.09	0.15	0.11
3.0	—	—	—	0.06	0.11	0.09
3.5	—	—	—	—	0.09	0.05
4.0	—	—	—	—	0.05	—
4.5	—	—	—	—	—	—

“—”表示仔鱼卵黄囊已消失。“—”yolk sac disappeared of larva.

表 3 不同温度下仔鱼的初次摄食率(%)

Table 3 The feeding percentage of larva different temperatures

孵出后的日龄(d) Day after larvae hatching	不同温度下仔鱼的摄食率 The feeding percentage of larva different temperatures					
	30℃	28℃	26℃	24℃	22℃	20℃
2.0	58.20	47.97	39.58	31.89	22.07	15.78
2.5	70.34	62.50	53.58	40.74	29.35	18.09
3.0	83.24	73.98	65.24	49.89	37.28	28.50
3.5	97.35	88.94	77.29	57.34	43.09	35.69
4.0	75.63	95.56	84.23	71.34	60.21	53.57
4.5	63.76	78.49	94.36	85.28	72.98	67.38
5.0	49.90	64.24	80.37	94.67	90.34	86.67
5.5	41.25	48.69	72.89	82.56	97.24	95.45
6.0	32.75	41.08	65.28	73.24	88.47	87.24
6.5	21.38	36.35	57.57	65.06	80.53	79.70
7.0	11.24	25.45	48.94	57.97	74.26	70.34
7.5	0	14.03	39.28	51.49	69.89	63.78
8.0		0	27.49	46.29	62.57	56.39
8.5			16.03	35.79	56.93	48.56
9.0			0	26.38	49.08	41.03
9.5				17.39	43.59	32.89
10.0				0	35.27	21.37
10.5					26.39	18.96
11.0					19.27	0
11.5					0	

各温度下仔鱼到达最大初次摄食率、PNR (即仔鱼的初次摄食率降到最大初次摄食率50%时)和不可逆转饥饿期的时间见表4。22℃和20℃的室温下,仔鱼在5.5 d的初次摄食率达到最大,到达PNR的时间分别为9.0 d和8.5 d。22℃下仔鱼的不可逆转饥饿期的时间为3.5 d,在几种温度中,时间最长,说明仔鱼在此温度下耐受饥饿的能力最强。而30℃下,仔鱼在5.0 d时即到达了不可逆点,不可逆转

饥饿期仅为1.5 d,说明温度越高,仔鱼代谢加快,机体耗能增加,耐受饥饿的能力越差,成活时间也越短。

3 讨论

3.1 温度对花斑副沙鳅仔鱼初次摄食率与最大初次摄食率的影响 随着仔鱼的发育,摄食器官的形成,仔鱼逐渐由内源性营养转为外源性营养。不同鱼类初次摄食时间不同,如稀有

表 4 仔鱼在不同温度下到达最大初次摄食率、PNR 和不可逆转饥饿期的时间

Table 4 Time to reach the most first feeding percentage and PNR and time of starvation phase of no return of larva at different temperatures

	温度 Temperature (℃)					
	30	28	26	24	22	20
到达最大初次摄食率的时间(d) Time to reach the most first feeding percentage	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	5.5
到达 PNR 的时间(d) Time to reach PNR	5.0	5.5	7.0	8.0	9.0	8.5
不可逆转饥饿期的时间(d) Time of starvation phase of no return of larva	1.5	1.5	2.5	3.0	3.5	3.0

鲫 (*Gobiocypris rarus*) 一般在孵出后 1.5 ~ 2.0 d (水温 24 ~ 26℃)^[9], 真鲷 (*Pagrosomus major*) 和牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 为 2 d (水温 16 ~ 19℃)^[10], 红鳍东方鲀 (*Fugu rubripes*) 为 4 d (水温 15 ~ 17℃)^[11], 鲇 (*Silurus asotus*) 为 6 d (水温 18 ~ 21℃)^[12]。鱼类的初次摄食时间主要与种类、卵黄囊的大小、水温和开口饵料的种类等有关^[13]。鱼类是变温动物,在不同的温度下,其个体发育和摄食器官的形成速度不一样。本研究中,在 20 ~ 30℃ 范围内,花斑副沙鳅仔鱼孵出 2 d 后已经开口摄食,从高温到低温,对蛋黄颗粒的初次摄食率依次为 58.25% (30℃)、47.97% (28℃)、39.58% (26℃)、31.89% (24℃)、22.07% (22℃)、15.78% (20℃); 到达最大初次摄食率的时间为 3.5 ~ 5.5 d,说明温度对花斑副沙鳅仔鱼群体的初次摄食率有明显影响,在孵出后 2 d 内投饵是安全的。

3.2 温度对花斑副沙鳅仔鱼生长、不可逆点 (PNR) 及耐饥饿力的影响 花斑副沙鳅仔鱼卵黄囊消失时的全长,在不同温度下有明显区别,30℃ 时孵出后 2.0 d 卵黄囊消失,全长为 3.90 mm; 22℃ 时 4.5 d 卵黄囊才消失,全长为 4.39 mm; 20℃ 时 4.0 d 卵黄囊才消失,全长为 4.29 mm,与前者稍有不同。这表明仔鱼的营养和能量分配格局不一样,高温时更多的营养用于代谢,低温时更多用于生长。

有研究表明,温度与仔鱼的耐饥饿能力有着密切关系,温度越高,仔鱼耐饥饿能力越差^[14]。在临界期内推迟投饵,之后给予充足的饵料,可通过补偿机制使一些鱼超常规生长,并能恢复到正常水平或更高^[15]。本研究表明,温度越高,花斑副沙鳅仔鱼的生长发育越快,同时代谢耗能增加,到达 PNR 的时间也就越早,温度与到达 PNR 的时间成反相关。22℃ 下仔鱼的 PNR 为 9.0 d,不可逆转饥饿期的时间为 3.5 d,时间最长,说明仔鱼在此温度下耐受饥饿的能力最强。而 30℃ 下,PNR 为 5.0 d,不可逆转饥饿期仅为 1.5 d,说明温度升高,仔鱼代谢加快,耐受饥饿的能力越差。

由于饵料缺乏等原因仔鱼到达 PNR,标志着摄食能力的丧失,此时即使提供丰富的适口饵料,也不能恢复摄食能力。卵黄囊期仔鱼抵达 PNR 时间的长短具有种的特性,花斑副沙鳅仔鱼在水温 22℃ 时,从初孵到 PNR 的时距达 9 d,比海水鱼真鲷的 6 ~ 7 d (18 ~ 20℃)、牙鲆的 5 ~ 6 d (18 ~ 20℃) 要高^[13],这对其成活是极为有利的。一般来说,从初次摄食到 PNR 的时距越长,仔鱼建立外源摄食的可能性越大,成活率越高,对种群扩大和资源增殖越有利,反之亦然。因此,生产上应根据不同的温度,确定合理的投饵时间,以提高仔鱼的成活率。

参 考 文 献

- [1] Nagano N, Iwatsuki Y, Okazaki Y, et al. Feeding strategy of Japanese sand lance larvae in relation to ciliated protozoa in the vicinity of a thermohaline front. *Journal of Oceanography*, 2001, 57(2): 155 - 163.
- [2] Gisben E, Conklin D B, Piedrahita R H. Effects of delayed first feeding on the nutritional condition and mortality of California halibut larvae. *J Fish Biol*, 2004, 64(1): 116 - 132.
- [3] Blaxter J H S, Hempel G. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). *J Cons Int Explor Mer*, 1963, 28(2): 211 - 240.
- [4] Koss D R, Bromage N R. Influence of the timing of initial feeding on the survival and growth of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 1990, 89(2): 149 - 163.
- [5] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长. *水产学报*, 1995, 19(4): 335 - 347.
- [6] Cavalli L, Chappaz R, Bouchard P, et al. Food availability and growth of the brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), in a French Alpine lake. *Fisheries Management and Ecology*, 1997, 4(3): 167 - 177.
- [7] Chappaz R, Olivart G, Brun G. Food availability and growth rate in natural populations of the brown trout (*Salmo trutta*) in Corsican streams. *Hydrobiologia*, 1996, 331(1/3): 63 - 69.
- [8] 杨明生. 花斑副沙鳅的胚胎发育观察. *淡水渔业*, 2004, 34(6): 34 - 36.
- [9] 王剑伟, 乔晔, 陶玉岭. 稀有 鲫仔鱼的摄食和耐饥饿能力. *水生生物学报*, 1999, 23(6): 648 - 653.
- [10] 鲍宝龙, 苏锦祥, 殷名称. 延迟投饵对真鲷、牙鲆仔鱼早期阶段摄食、存活及生长的影响. *水产学报*, 1998, 22

- (1): 33-38.
- [11] 姜志强,姜建国,张弼. 红鳍东方鲀仔鱼期摄食与生长的研究. *大连水产学院学报*,2002,17(1): 20-24.
- [12] 徐伟,曹顶臣,匡友谊. 鲑仔鱼的摄食和生长研究. *大连水产学院学报*,2004,19(1): 62-65.
- [13] Houde E. D. Fish early life dynamics and recruitment variability. *Amer Fish Soc Symp*,1987,2: 17-29.
- [14] 殷名称. 鲢、鳙、草鱼、银鲫卵黄囊期仔鱼的摄食、生长和耐饥饿能力//中国鱼类学会. *鱼类学论文集: 第六辑*. 北京: 科学出版社,1987: 69-79.
- [15] 王永生. 鱼类补偿性生长研究. *海洋水产研究*,2002,23(3): 57-61.

《动物学杂志》投稿注意事项

1 稿件的投寄

请登录本刊网站(dwxxz. ioz. ac. cn)注册投稿。同时邮寄打印稿一份,打印稿小四号字 1.5 倍行距单面打印。作者在投稿的同时务必出具公函或作出承诺,稿件不能一稿多投和侵权。

2 论文的格式要求

题目 应言简意赅。中文题目字数一般不超过 20 个字;英文题目不超过 10 个实词,实词首字母大写。

作者 署名入应是对论文的全部或部分内容做出主要贡献,并能对文章内容负责的人。

单位 应写作者单位的标准全称及所在地和邮编。

摘要 中文摘要放在文首。内容包括:研究目的、方法、结果(主要数据)和结论。用第三人称叙述。英文摘要放在中文摘要下面,其内容应与中文摘要相对应或略详于中文摘要。

关键词 一般为 3~5 个,中英文对应,分别列在中英文摘要下面。

前言 结合文摘阐述国内外相关研究领域的发展状况及本研究的目的和意义。

正文 材料与方法对材料的来源及方法的出处应详细陈述;结果的数据要完整,微观形态的稿件应有实验照片作为依据;文字叙述要简洁明了,与图表内容相互呼应;讨论应依据前言的内容、结果的数据、现象展开讨论,以达到解决问题或得出结论的目的。

全文书写规格 文中请使用国家颁布的法定计量单位和符号及规范化的名词、术语。文中首次出现的英文缩写词,应先写出中文名称后,再在括号内写出英文全称和缩写词。物种名称在文中第一次出现时应附拉丁学名(种属名用斜体,属名首字母大写)。名词术语的用法文中应前后一致。

①小标题:应简短准确、层次清楚。各级标题一律采用阿拉伯数字连续编码,左顶格编排,如“1”(一级标)、“1.1”(二级标)、“1.1.1”(三级标)。

②图表:力求精选,反应同一数据的图与表不能重复。其序号一律采用阿拉伯数字编码,在文中引用处注明。线条图应用计算机绘制;照片图要求反差适中、层次清晰。显微及电镜照片,应注明长度标尺和放大倍数。

参考文献 应列出与本文直接有关的中外文主要文献。本刊文献的著录格式采用顺序编码制,即以文献在文中出现的先后顺序连续编码,加方括号标注在文中引用处,文后文献表的文献要与文中一致,并按文中出现的顺序排列,多名作者在列出前三名作者后加“等”。具体格式要求为:

①期刊:作者. 题名. 刊名, 出版年, 卷(期)号: 起止页码. 示例:

[1] 郑光美. 黄腹角雉. *动物学杂志*,1987,22(5): 40-43.

[2] Wu P,Zhou K Y. General condition of systematics study on Tesudines. *Chinese Journal of Zoology*,1998,33(6): 38-45.

②专著:作者. 书名. 版本(第一版不标注). 出版地:出版者, 出版年: 起止页码. 示例:

[3] 孙儒泳. *动物生态学原理*. 2 版. 北京:北京师范大学出版社,1992: 329-330.

[4] Jiang Z G. *Conservation Biology*. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press,1997: 160-164.

(下转第 129 页)

- [54] 胡加付. 农田林网中大斑啄木鸟对光肩星天牛控制作用的研究. 北京:北京林业大学博士学位论文, 2008: 79-96.
- [55] 矫振彪, 万涛, 温俊宝, 等. 大斑啄木鸟对光肩星天牛幼虫捕食的功能反应和数值反应. 动物学报, 2008, 54(6): 1106-1111.
- [56] 高玮, 张克勤, 姜云垒, 等. 次生阔叶林中四种啄木鸟冬季取食行为的比较研究. 吉林师范大学学报:自然科学版, 2007, 28(3): 17-20.
- [57] 何晓群. 多元统计分析. 2 版. 北京:中国人民大学出版社, 2008: 174-191.
- [58] 童其慧. 主成分分析方法在指标综合评价中的应用. 北京理工大学学报:社会科学版, 2002, 4(1): 59-61.
- [59] 孙儒泳. 动物生态学原理. 3 版. 北京:北京师范大学出版社, 2001: 249-318.
- [60] Morrison M L, Marcot B G, Manna R W. Wildlife-Habitat Relationship: Concepts and Application. Wisconsin: The University of Wisconsin Press, 1992: 3-15.
- [61] Askew N P, Searle J B, Moore N P. Prey selection in a barn owl *Tyto alba*: Capsule A breeding Barn Owl selected vole-rich habitats for hunting at both a microhabitat and landscape scale. Bird Study, 2007, 54(1): 130-132.
- [62] Pyke G H. Optimal foraging: a critical review. Annual Review of Ecology and Systematics, 1984, 15(1): 523-575.
- [63] Stenseth N C. Optimal foraging: foraging behavior. Science, 1988, 240(4856): 1212-1213.
- [64] Bastille-Rousseau G, Fortin D, Dussault C. Inference from habitat-selection analysis depends on foraging strategies. Journal of Animal Ecology, 2010, 79(6): 1157-1163.

~~~~~  
(上接第 120 页)

③论文集:作者. 题名//编者. 论文集名. 出版地:出版者, 出版年: 起止页码. 示例:

[5] 陈大元. 动物显微受精与克隆研究//中国动物学会. 中国动物科学研究. 北京:中国林业出版社, 1999: 59-64.

[6] Yang T. On the leeches from Wuling Mountains area in south China//Song D X. Invertebrates of Wuling Mountains Area, Southwestern China. Beijing: Science Press, 1997: 395-399.

④学位论文:作者. 论文题目. 保存单位所在地:保存单位, 保存年:起止页码. 示例:

[7] 张劲硕. 中国蝙蝠的整合研究. 北京:中国科学院动物研究所博士学位论文, 2010.

⑤电子文献:主要责任者. 电子文献题名[文献类型标志/文献载体标志]. [引用日期]. 电子文献的出处或可获得的地址, 发表或更新日期. 示例:

[8] IUCN 2010. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010. 4 [BD/OL]. [2010-12-23]. www.iucnredlist.org.