

食虫迁徙鸟白腹蓝〔姬〕鹇的能量代谢*

钱国桢 祝龙彪 崔志兴

(华东师大生物系动物生态研究室)

生物与其环境之间最主要的连续性在于能量交换及能量传递。由于鸟类在动物界的特殊地位,对环境污染的敏感指示,以及与人们生活的密切关系,因而对鸟类能量及能流的研究一直受到重视。例如 King(1961, 1974)用物质平衡方法,把鸟类能量消耗划分基本维持生存能,运动活动能及生长繁殖能。

研究生命过程中的能量消耗及相互联系,可采用直接测热法与间接测热法。直接测热法是直接测量动物在一定时间放散到周围环境中的全部热量,但由于仪器装置庞大,操作复杂,误差较大等原因,故很少应用。目前广泛使用的是间接测热法,即测定动物的气体代谢,最常用的是测定动物的耗氧量,然后可根据耗氧量换算热量单位。

白腹蓝〔姬〕鹇 (*Ficedula cyanomelana cumatilis*) 在繁殖期,主要食危害农林业的害虫。它也是一种列入被保护的食虫迁徙候鸟(赵正阶、何敬杰, 1981)。该鸟每年春天(4月)从菲律宾、印尼、中印半岛等越冬地迁飞到我国长白山区、乌苏里江畔及日本、朝鲜、苏联远东沿海地区繁殖(Воробьев, 1954)于9月份开始南迁,10月底已到达越冬地。对白腹蓝〔姬〕鹇能量代谢的研究,特别对迁徙期间能量代谢的研究尚未开展。深入对这种益鸟进行生理生态的研究,在理论与实践上都很有意义。本文就白腹蓝〔姬〕鹇秋季迁徙期的昼夜活动节律与能量消耗等方面,作了初步研究,现报道如下。

一、材料与方法

1978—1980年,每年于9月下旬至10月初,在长江口的崇明岛,用网捕捉一部分南迁途经的白腹蓝〔姬〕鹇,体重19—22克。经室内笼中几天饲养,即测定其昼夜活动节律及以耗氧量为指标的能量代谢。整个实验期的鸟,均以皮虫及熟鸡蛋拌玉米粉喂食,体重恒定在19—22克之间。实验中如发现鸟体重变化大或不健康,就随即取消该实验数据。耗氧量测定是采用闭路补氧式耗氧测定仪。耗氧量以每小时,每克鸟体重消耗的氧毫升表示(即毫升 O_2 /克/时)。

上海地区10月份的白天(6:00—18:00)与黑夜(18:00—6:00)几乎各占12小时。实验鸟分自然状态及昼夜光一暗倒置两组。在室内20℃(相当于上海10月份的平均气温)下,借助“自动活动记录仪”,记录白腹蓝〔姬〕鹇昼夜活动节律,以活动频率(次/时)表示某时间鸟的活动强弱。

为了比较迁徙期与迁徙本能衰退的越冬期白腹蓝〔姬〕鹇的代谢强度及活动特点,将一部分鸟单只分笼饲养到12月份(视作越冬期),模拟越冬地的昼夜光一暗时间,测定12月份(越冬期)鸟的耗氧量及昼夜活动节律。

* 赵实、陆健健同志参加了本项工作。上海动物园也给予支持,特此表示感谢。

由于年度间无明显差异, 故将三年的迁徙期与越冬期的实验结果, 分别综合分析。三年内测定不同环境温度 ($10-30^{\circ}\text{C}$) 下的有效耗氧量共849鸟次, 记录昼夜活动节律220鸟次。

二、结 果

1. 昼夜活动节律与耗氧量

从实验记录中观察到, 白腹蓝[姬]鹀在秋季迁徙期间呈昼夜活动: 白天活动频率 $70.25 \pm 8.62 (n=60)$, 夜间 $72.50 \pm 7.58 (n=60)$, 白天与夜间活动频率差异不显著 ($P>0.05$)。其耗氧量: 白天为 $7.82 \pm 0.45 (n=50)$, 夜间 $7.92 \pm 0.23 (n=50)$, 昼夜间耗氧量亦无显著差异 ($P>0.05$)。迁徙期, 将鸟置在光—暗颠倒的环境中数天后, 其昼夜耗氧量及活动节律与正常状态的仍有相似趋势 (图1)。

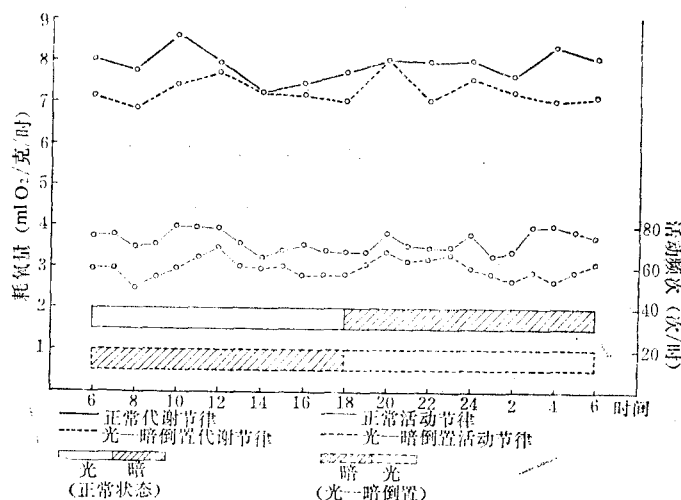


图1 白腹蓝[姬]鹀在秋季迁徙期昼夜代谢及活动节律

迁徙结束后, 进入越冬期的白腹蓝姬鹀, 其昼夜活动与耗氧量均呈现昼高夜低的特点: 白天活动频率 $30.83 \pm 5.61 (n=50)$, 夜间 $8.20 \pm 2.83 (n=50)$, 差异非常显著 ($P<0.01$)。白天耗氧量 $6.65 \pm 0.19 (n=50)$, 夜间 $5.24 \pm 0.31 (n=50)$, 差异也非常显著 ($P<0.01$)。此时, 若将鸟置在光—暗颠倒的环境中, 其昼夜之间的代谢强度与活动节律亦出现倒置: 黑暗耗氧量 $6.35 \pm 0.64 (n=50)$, 光亮 $6.54 \pm 0.26 (n=50)$, 但两者间差异不明显 ($P>0.05$)。黑暗活动频率 $21.33 \pm 5.28 (n=50)$, 光亮 $26.17 \pm 3.15 (n=50)$, 黑暗与光亮相比, 差异不显著 ($P>0.05$) (图2)。

2. 环境温度与迁徙因子对耗氧量的影响

白腹蓝[姬]鹀的耗氧量随环境温度降低 (从 30°C 到 10°C) 而迅速增加 (图3)。不论迁徙期还是越冬期的鸟, 耗氧量与环境温度都呈现显著的负相关。

迁徙期的内部生物因子, 对白腹蓝[姬]鹀耗氧量的影响是明显的, 秋季迁徙期的昼夜耗氧量平均水平明显高于非迁徙的越冬期。如在 20°C 环境温度下, 迁徙期耗氧量 $7.95 \pm 0.24 (n=48)$, 越冬期则为 $5.94 \pm 0.75 (n=48)$, 差异显著 ($P<0.05$)。显然, 这是与白腹蓝[姬]鹀

在迁徙期具有强烈内因子活动相关。

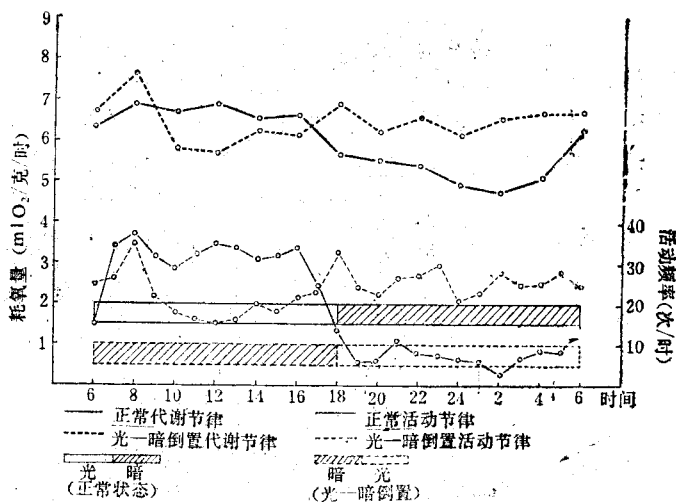


图 2 白腹蓝(姬)鹀在越冬期昼夜代谢及活动节律

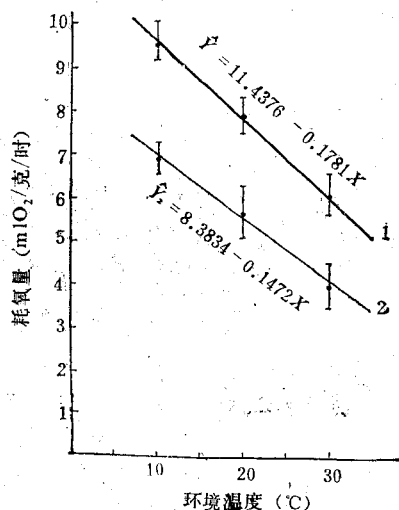


图 3 白腹蓝(姬)鹀耗氧量在环境温度上的回归

1. 迁徙期 2. 越冬期 黑点表示平均值, 垂直线表示两个标准误差

3. 昼夜光—暗颠倒对耗氧量的影响

迁徙期, 经光—暗颠倒的白腹蓝(姬)鹀昼夜总的耗氧量比正常状态的略低, 如在 10—30℃ 温度下的耗氧量回归方程, 倒置为 $\hat{Y} = 11.2387 - 0.1799X$ ($n = 144$), 正常组为 $\hat{Y} = 11.4376 - 0.1781X$ ($n = 144$), 两者间的回归系数无显著性差异 ($P > 0.05$)。而越冬期, 经光—暗倒置的昼夜总耗氧量水平 $\hat{Y} = 9.3724 - 0.1504X$ ($n = 144$), 虽然高于正常状态 $\hat{Y} = 8.3834 - 0.1472X$ ($n = 144$), 但差异不显著 ($P > 0.05$), 说明光—暗颠倒与正常状态的日平均能耗十分接近。

三、讨 论

不少迁徙的食虫益鸟, 每年定期地往返于东南亚与我国东北等地之间。华东沿海是不少迁徙鸟类的必经之地。鸟类在迁徙期间, 由于不间断地耐久的迁飞, 必须消耗大量能量。因此, 秋季迁徙前, 在繁殖地积极地累积脂肪, 可作为迁飞的一种能源 (Odum, *et al.*, 1965; Kendeigh, *et al.*, 1977)。在自然状况下, 大多数小形鸣禽类 (食虫鸟类) 是在夜间迁徙的 (Steinbacher, 1956)。本文工作亦观察到, 原来在白天捕虫的白腹蓝〔姬〕鹇, 到秋季迁徙期间, 在实验中于夜间也记录出现强烈活动, 无论从昼夜活动节律或耗氧量, 都可以明显地看到, 此时鸟类出现“迁徙性不安”。关于这种现象, Stressmann (1936) 早就观察到, 当迁徙鸟的种群已到达南方越冬地时, “迁徙性不安”就逐渐终结。King, *et al.* (1963) 在比较白顶雀 (*Zonotrichia leucophrys gambelii*) 秋天和春天迁徙期的能源时发现, 秋天迁徙期间储能仅为春天迁徙的 $\frac{1}{3}$, 相当于12月份的越冬鸟, 认为迁徙期储能存在着季节性差异。而我们对白腹蓝〔姬〕鹇的实验研究, 更观察到能耗也存在着季节性差异。无论在昼夜活动强度还是耗氧量, 越冬期的鸟, 不仅存在着昼高夜低的特点, 而且总平均值都显著地低于秋季迁徙期的水平。至于如何从越冬积累能量, 转入性腺萌动的春季繁殖迁徙的能量消耗水平, 则尚待进一步研究。

昼夜光—暗循环对生物内生节奏有控制作用, 这在很多年前就被人们注意到。光暗循环颠倒, 植物学家曾做过这样的赏试: 夜间将实验材料放在人工光照下照射, 白天置在黑暗中, 内生节律有时能很快地 (1—2天) 适应那种颠倒了的光暗循环。在动物中亦有很多试验, 如将鸱掠鸟置在光—暗倒置循环中, 两天内便使活动节奏同步化, 而用于取向的内部时钟, 要在4天后才适应 (Bunning, 1964)。本文对白腹蓝〔姬〕徙, 做了秋季迁徙期及越冬期的光—暗颠倒的观察, 发现正在迁徙期的鸟, 光—暗颠倒循环, 对它们昼夜代谢节律及活动强度的影响不明显, 这可能与鸟类此时在迁徙期处于昼夜“不安状态”有关。越冬期的鸟, 置光—暗颠倒的循环中, 头1—2天内, 昼夜活动节律十分紊乱, 经5天后, 代谢与活动节律开始与光—暗循环出现同步 (图2)。说明鸟类对光暗环境变化有调整适应过程, 光—暗颠倒循环对越冬期鸟类生理钟的改变是有影响的。同时还看到, 越冬期的鸟在光—暗倒置中, 白天 (黑暗条件下) 减少能耗, 夜间 (光照) 增加能耗, 而昼夜总能耗量与正常状态的很接近, 可能越冬期的白腹蓝〔姬〕鹇, 具有调节日能量分配的机能。

参 考 文 献

- 中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境协定 1981 动物学报 27 (2): 107—113.
赵正阶、何敬杰 1981 白腹蓝〔姬〕鹇的繁殖生物学, 动物学报 27 (4): 338—394.
Bunning, E. (祝宗玲等译) 1965 《生理钟》科学出版社
Steinbacher, J. (孙晓耕等译) 1956 《鸟类的迁徙及其研究》科学出版社
Kendeigh, S. C., Dolnik, V. R. and V. M. Gavrilov 1977 Avian energetics. "Carnivorous birds in ecosystems" (Eds. Pinowski, J. and S. C. Kendeigh). pp. 127—204.
King, J. R., Barker, S. and D. S. Earnner 1963 A comparison of energy reserves during autumnal and vernal migratory periods in the White-Crowned Sparrow, *Zonotrichia leucophrys gambelii*. *Ecology* 44 (3): 513—521.
King, J. R. 1974 Seasonal allocation of time and energy resources in birds. in Avian energetics, Ed. R. A. Parnter pp. 4—85. Massachusetts.
King, J. R. and D. S. Farner 1961 Energy metabolism, thermoregulation and body temperature. *Biology*

and comparative physiology of birds. Vol. 11. 215—288. Ed. A. J. Marshall.

Odum, E. P. Marshall. S. G. and G. Timothy 1965 The caloric content of migrating birds. *Ecology* 46 (6):901—904.

Stressmann, E. 1936 Handbuch der zoologie. Kükenthal.V11. 2. Hälfte. pp. 682—701.

Воробьев, К. А. 1954 ПТИЦЫ Уссурийского края 216—217 ИЗД. АН СССР Москва.

AN OBSERVATION ON ENERGETIC METABOLISM OF THE MIGRATORY INSECTIVOROUS BIRDS *FICEDULA CYANOMELANA CUMATILIS*

Qian Guozhen Zhu Longbiao Chi Zhixing

(Group of Animal Ecology, Department of Biology, East-China Normal University)

The blue-white flycatcher is a kind of insectivorous birds, which migrates from south-east Asia through east China coast to breeding in north-east region of our country, and during fall season on september returns to it is wintering quarter everz year.

From 1978 to 1980 during fall migratory period, the energy metabolism and diurnal activity of such bird species were studied. The account of results is examined as follow:

1. On migration, birds perfrom activity both day and night, and especially in night express so called migratory unrest (unruhe). At daytime the frequecy of activity (times/hr.) is $70.25 \pm 8.62 (n=60)$, and at night $72.50 \pm 7.58 (n=60)$. The quantity of O_2 consumption ($mlO_2/g/hr.$) at daytime is $7.82 \pm 0.45 (n=50)$, and at night $7.92 \pm 0.23 (n=50)$. At the end of october when the peak period of southward migratory state decreases and at last withers away, then the birds come into state of overwintering. At this time both rhythm of diurnal activity and O_2 consumption are higher in daytime and lower in night.

2. The intensity of metabolism of birds depends upon the variety of ambient temperature (from $30^\circ C$ to $10^\circ C$). The metabolic intensity increases as the ambient temperature descends. The regression equation of the migratory birds between O_2 consumption and ambient temperature is $Y = 11.4376 - 0.1781X (n=144)$, wintering birds is $Y = 8.3834 - 0.1472X (n=144)$. when birds at migratory period their intensity of metabolism is higher than that of wintering period. The difference is strikingly. This is because of the birds during migraion behave intensively intrinsic excitment of whole day activity.

3. It gives no influence to those birds in migratory exciting, when the day (light) and night (dark) are to be took turn inversely, but may change physiological clock of wintering birds.