

# 家鸭耗氧率的测定\*

吴锡谋 李德文\*\* 郑晶\*\*

(厦门大学生物学系)

金定鸭产于福建省龙海县,是一种产蛋率高的蛋用鸭。北京鸭是驰名中外的肉用型品种。番鸭(*Cairina moschata*)原产于南美洲,是外来的肉用型品种。我校家鸭教研组曾以金定鸭为母本,北京鸭或番鸭为父本进行杂交,获得杂种代“土北”鸭或“半番”鸭<sup>[1]</sup>。又以“土北”鸭♀回交北京鸭♂,培育出回交子代“大土北”鸭<sup>[2]</sup>。本文对这两个杂交组合的三个亲本(金定鸭、北京鸭和番鸭)和杂种代(包括回交子代)“半番”鸭和“大土北”鸭的耗氧率进行测定,探讨其能量代谢的差异。

## 材 料 和 方 法

(一) 材料 本实验于1982年3—5月间

在龙海县金定村进行。实验材料均取自我校在该县金定村的家鸭科研站,系在同样圈养条件下的一龄成鸭。实验鸭数为126只,其中金定鸭42只(♀17只,♂25只)、北京鸭18只(♀11只,♂7只)、番鸭24只(♀12只,♂12只)、“大土北”鸭30只(♀16只,♂14只)和“半番”鸭12只(因数量少且无繁殖能力故未予分雌雄)。试验鸭于傍晚5时左右喂养后关入鸭舍,翌日清晨4—8时进行耗氧量测定。试前不再喂食,以减少食物特殊动力效应的影响。

(二) 实验方法 实验装置仿苏联学者嘎

\* 本文承蒙张松踪教授审阅,胡维弘、林伟春同志参加部分工作,谨此致谢。

\*\* 为我系动物学专业78级毕业生。

巴布霍夫 (Кападухов) 的呼吸器原理<sup>[1]</sup>依鸭体型改装而成。实验时将鸭子静置于密闭的呼吸器内,器温保持在  $22^{\circ}\text{C} \pm 0.02^{\circ}\text{C}$ 。每次向呼吸器内输入 50 毫升  $\text{O}_2$ , 用秒表记录该试验鸭消耗 50 毫升  $\text{O}_2$  所需要的时间。依此反复 5 次,取数值相近的 4 次耗氧量之和 (即 200 毫升  $\text{O}_2$ ) 进行耗氧率计算。

(三) 数据处理方法 如上所测的耗氧量数据,按公式  $V_0 = KV$ , ( $V_0$  为标准状态下耗氧量,  $V$  为实际耗氧量,  $K$  为实验时气压与器温的标准气体换算系数) 换算为标准状态下以每毫升/公斤·小时为单位的耗氧率。然后再以  $t$  检验和方差分析方法比较两个杂交组合的亲本及其杂种代或回交子代的耗氧率差异,并且用协方差分析法验证家鸭品种不同体重与耗氧率的相互关系。

## 结 果

### (一) 五种鸭的平均耗氧率

表 1 五种鸭平均耗氧率

品种	鸭数 (只)	体 重 (公斤)	耗氧率总和	平均耗氧率 (ml/kg·hr)	标准差
金定鸭	42	$1.53 \pm 0.18$	25753.31	613.17	127.00
北京鸭	18	$2.21 \pm 0.23$	6957.45	386.52	99.70
番鸭	24	$2.21 \pm 0.28$	9768.45	407.02	154.91
大土北鸭	30	$2.21 \pm 0.21$	12787.42	426.25	81.82
半番鸭	12	$2.16 \pm 0.19$	6451.37	537.61	171.82

表 2 两个杂交组合耗氧率的方差分析

组别	变异原因	平方和	自由度	均 方	F 值
1	组间	930134.66	2	465067.33	39.49**
	组内	1024456.65	87	11775.36	
2	组间	649078.64	2	324539.32	15.61**
	组内	1538039.17	74	20784.31	

1 组为金定鸭♀ × 北京鸭♂ → “土北”鸭, “土北”鸭♀ 回交北京鸭♂ → “大土北”鸭。

2 组为金定鸭♀ × 番鸭♂ → “半番”鸭。

由表 1 可见,以毫升/公斤 (体重)·小时为单位五种鸭的平均耗氧率分别为  $613.17 \pm 127.00$ 、 $386.52 \pm 99.70$ 、 $407.02 \pm 154.91$ 、

表 3 两组鸭耗氧率最小显著性差数多重比较

组 别	$\bar{x}$	$\bar{x} - 386.52$	$\bar{x} - 426.25$
金定鸭	613.17	226.65**	186.92**
大土北鸭	426.25	39.73	
北京鸭	386.52		

组 别	$\bar{x}$	$\bar{x} - 407.02$	$\bar{x} - 537.61$
金定鸭	613.17	206.15**	75.56
半番鸭	537.61	130.59**	
番 鸭	407.02		

\*\* 示在 1% 水准上的差值间有显著差异。

$426.25 \pm 81.82$  和  $537.61 \pm 171.82$ 。经方差分析及 LSD 法的品种 (类型) 间多重比较, 结果 (见表 2、3) 金定鸭表现出与北京鸭和“大土北”鸭有极为显著差异。北京鸭与“大土北”鸭差异不显著。金定鸭与番鸭、“半番”鸭与番鸭差异极显著, 而金定鸭与“半番”鸭在 5% 水准上亦无显著差异。

(二) 体重与耗氧率的关系 五种鸭的平均体重 (见表 1), 经  $t$  检验表明, 金定鸭的体重 ( $1.53 \pm 0.18$  公斤) 小, 与北京鸭 ( $2.21 \pm 0.23$  公斤) 和“大土北”鸭 ( $2.21 \pm 0.21$  公斤) 比较, 均有极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 而北京鸭与“大土北”鸭比较, 没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。金定鸭与番鸭 ( $2.21 \pm 0.28$  公斤) 和“半番”鸭 ( $2.16 \pm 0.19$  公斤) 差异极为显著, “半番”鸭与番鸭差异不显著。

不同品种鸭的体重不同, 耗氧率也存在差异。金定鸭的体重小, 其耗氧率 ( $613.17 \pm 127.00$  毫升/公斤·小时) 高, 与北京鸭 ( $386.52 \pm 99.70$  毫升/公斤·小时) 和“大土北”鸭 ( $426.25 \pm 81.82$  毫升/公斤·小时) 比较, 经  $t$  检验证明, 有极显著差异 ( $P < 0.01$ )。“大土北”鸭与北京鸭比较, 两者体重相似, 耗氧率也没有差异 ( $P > 0.05$ ), 但前者略高于后者。而金定鸭与番鸭 ( $407.02 \pm 154.91$  毫升/公斤·小时) 比较, 亦是金定鸭的体重小, 耗氧率高, 差异极为显著 ( $P < 0.01$ )。以上结果说明体重与耗氧率呈负相关。

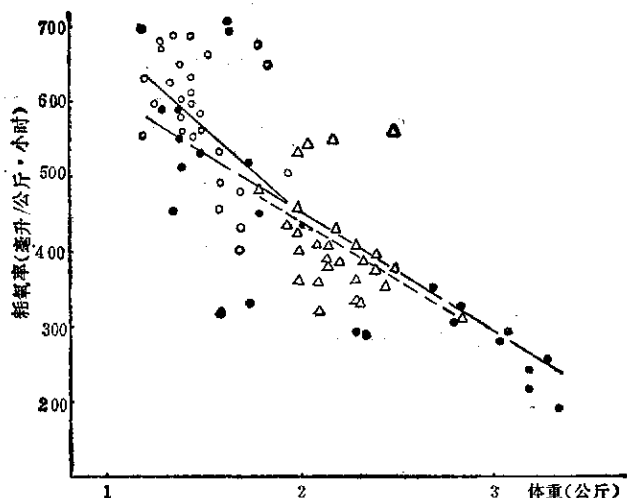


图1 金定鸭、“大土北”鸭和番鸭的耗氧率在体重上的回归  
“○”点实线：金定鸭；“△”点短虚线：“大土北”鸭；  
“●”点长虚线：番鸭。

由于家鸭品种间个体体重不同，可能掩盖其耗氧率的差别，所以有必要以协方差分析法来证明其差别的显著性<sup>[4,5]</sup>。现以金定鸭、“大土北”鸭和番鸭为例，探讨其不同体重与耗氧率的相关关系。

1. 回归分析 根据所测的金定鸭、“大土北”鸭和番鸭的各个体重 ( $x$ ) 和耗氧率 ( $y$ ) 作出散点图(见图1)，可见散点基本呈由左上向右下分布，表明其耗氧率随体重增加而减少的负相现象。然后，根据三种鸭的各个个体体重和耗氧率数据分别计算出  $n$ 、 $\sum x$ 、 $\sum x^2$ 、 $\sum y$  和  $\sum xy$  各值(见表4)及其相关系数。

由表4可见，三种鸭的相关系数  $r$ ，在1%水准上，均是非常显著的，在

表4 三种鸭耗氧率在体重上的回归及其相关数

品 种	金 定 鸭	番 鸭	“大土北”鸭
$n$	42	24	30
$\sum x$	62.87	52.95	66.2
$\sum x^2$	95.383	129.8228	147.375
$\sum y$	613.24	407.019	426.25
$\sum y^2$	16455842	4527892.3	5644732.8
$\sum xy$	38554.64	19383.696	280187.71
平均数	$\bar{x} = 1.497$	$\bar{x} = 2.206$	$\bar{x} = 2.207$
	$\bar{y} = 613.24$	$\bar{y} = 407.019$	$\bar{y} = 426.25$
相关系数 ( $r$ )	-0.2299	-0.8093	-0.3965
回归系数 ( $b$ )	-165.84	-166.77	-153.53
回归方程 ( $\hat{y}$ )	$-165.84x + 862$	$-166.77x + 774.91$	$765.09 - 153.53x$

表5 金定鸭与番鸭耗氧率的协方差分析

变异来源	df	平方之和			$b$	距回归的离差		
		$L_{xx}$	$L_{xy}$	$L_{yy}$		df	$\sum d^2 y \cdot x$	$S^2 y \cdot x$
金定鸭	31	1.08375	-243.7236	206232.3767	-2248891	30	151421.59	5047.3866
番鸭	23	13.0016	-2167.968	551941.9	-166.71	22	190441.37	8656.426
内部误差						52	341862.96	6574.2876
回归系数						1	3381.82	3381.82
公共回归	54	14.08535	-2411.6916	758174.27	-171.2199	53	345244.78	6514.052
总的	55	21.2939	-4945.8077	1234772.8		54	86039.417	

表 6 金定鸭与“大土北”鸭耗氧率协方差分析

变异来源	df	平方之和			b	距回归的离差		
		Lxx	Lxy	Lyy		df	$\sum d^2y \cdot x$	$S^2y \cdot x$
金定鸭	31	1.08375	-243.7236	206232.3767	-224.89	30	151421.59	5047.5866
大土北鸭	29	1.295	-198.82	194146.2	-153.53	28	163621.57	5843.6275
内部误差						58	315043.16	5431.7786
回归系数						1	3006.15	3006.15
公共回归	60	2.3788	-442.5436	400378.57	-186.0365	59	318049.31	5390.6663
总的	61	10.5255	-2271.2801	833113.44	-215.788	60	342997.69	

$x, y$  之间配回归直线是有意义的。根据直线回归方程：金定鸭  $y = -165.84x + 862$ 、番鸭  $y = -166.77x + 774.91$ ，“大土北”鸭  $y = 765.09 - 153.53x$ ，在图 1 作出回归直线，其可更明显表现出三种鸭的体重由小到大，耗氧率逐渐由高变低，即呈负的直线相关。表 4 中的各种鸭的回归系数，金定鸭  $b = -165.84$ ，番鸭  $b = -166.77$ ，“大土北”鸭  $b = -153.53$ ，说明当体重每增重 1 公斤时，金定鸭的耗氧率降低 165.84 毫升/公斤·小时，番鸭降低 166.77 毫升/公斤·小时，“大土北”鸭降低 153.53 毫升/公斤·小时。

2. 协方差分析 根据三种鸭耗氧率的数据，分金定鸭与番鸭和金定鸭与“大土北”鸭两组进行协方差分析，结果见表 5、6。若按两组中三个样品进行方差齐性检验，在金定鸭与“大土北”鸭的两个样品中， $F = 5843.6275 / 5047.5866 = 1.1578$ ， $F_{0.05, df30, 30} = 1.84$ ， $F$  值不显著；金定鸭与番鸭的两样品中， $F = 5047.3866 / 8656.426 = 0.5831$ ， $F_{0.05, df20, 30} = 2.04$ ，说明两组内的样品的方差均是齐性的。若再以  $F$  值检验两组内两个样品回归系数是否相等，即金定鸭与“大土北”鸭  $F = 3006.15 / 5431.7786 = 0.5534$ ；金定鸭与番鸭  $F = 0.5144$ ， $F$  值均很小，两组中的两个回归系数相等的假设均不能被否定，说明随着体重的增大，金定鸭与“大土北”鸭，金定鸭与番鸭减少耗氧的大致相同。

(三) 性别与耗氧率的关系

1. 雌鸭之间耗氧率比较 四种雌鸭(“半番”鸭未统计在内)的平均耗氧率(见表 7)分别为

631.21±116.68、423.34±112.83、416.63±81.60 和 526.35±128.47 毫升/公斤·小时。经  $t$  检验(见表 8)，金定鸭也呈现与北京鸭和“大土北”鸭有极显著差异( $P < 0.01$ )。而北京鸭与“大土北”鸭差异不显著( $P > 0.05$ )。金定鸭与番鸭虽然体重相似，而耗氧率前者显著高于后者。这一结果说明，耗氧率水平的高低，可能与雌鸭的产蛋性能有关。金定鸭的年平均产蛋量为 260—300 枚，北京鸭年产蛋 160 枚左右，番鸭只有 80—100 枚。虽然番鸭年产蛋量低于北京鸭和“大土北”鸭(284.6±14.2 枚/年)<sup>[2]</sup>，而耗氧率的数值却高于后者，这主要与体重小有关。说明产蛋和体重两个因素对家鸭耗氧率的关系，体重比产蛋因素似占有更重要的地位。

表 7 鸭不同性别的耗氧率

品 种	性别	鸭数 (只)	平均体重 (公斤)	耗氧率 (毫升/公斤·小时)
金定鸭	♀	17	1.56±0.23	631.21±116.68
	♂	25	1.46±0.18	600.91±134.51
北京鸭	♀	11	2.28±0.17	423.34±112.83
	♂	7	2.08±0.23	328.67±23.60
大土北鸭	♀	16	2.31±0.23	416.63±81.60
	♂	14	2.09±0.11	437.24±83.71
番 鸭	♀	12	1.53±0.20	526.35±128.47
	♂	12	2.88±0.38	287.69±51.03

2. 雄鸭之间的耗氧率比较 四种雄鸭的耗氧率(见表 7)分别为 600.91±134.51、328.67±23.60、437.24±83.71 和 287.69±51.03 毫升/公

表 8 不同性别耗氧率的  $t$  值显著性测定

雌 性 间		雄 性 间		两 性 间	
组 别	$t$ 值	组 别	$t$ 值	组 别	$t$ 值
金一北	5.16**	金一北	5.74**	金定鸭	0.77
金一番	3.05**	金一番	8.49**	北京鸭	2.25
北一大土北	0.16	金一大土北	4.42**	大土北鸭	0.68
金一大土北	5.91**	北一大土北	2.12*	番 鸭	5.70**

\*  $t > t_{0.01}$ ,  $P < 0.01$ ; \*\*  $t > t_{0.01}$ ,  $P < 0.01$ 。

斤·小时。经  $t$  检验结果,金定鸭与北京鸭、番鸭和“大土北”鸭比较,都有极显著差异。北京鸭与“大土北”鸭也有显著差异。

3. 同种鸭两性之间的耗氧率比较 以表 7 的雌雄两性的耗氧率数值,进行  $t$  检验,结果(见表 8)。金定鸭,“大土北”鸭两性之间的耗氧率均无显著差异( $P > 0.05$ ),而北京鸭和番鸭却雌性的高于雄性,差异也显著( $P < 0.01$ )。说明在旺盛的繁殖季节中,蛋用型的金定鸭和肉蛋兼用型的“大土北”鸭,雌鸭产蛋率高,雄鸭配种能力强,其耗氧率在两性之间较为接近,而肉用型的北京鸭和番鸭,由于雌鸭正处于产蛋旺季,而雄鸭的体型大,且单独饲养,未予配种,所以其耗氧率低于雌鸭。

#### (四) 亲本的耗氧率对其杂种代的影响

本试验包括两个杂交组合,即金定鸭♀×北京鸭♂→ $F_1$ (“土北”鸭),再回交北京鸭♂,育出回交子代“大土北”鸭;金定鸭♀×番鸭♂→ $F_1$ (“半番”鸭)。这两个杂种代(或回交子代)的体重均与它们自己的父本相似,而显著地高于母本。从耗氧率的水平来看,“大土北”鸭比其父本北京鸭略高,没有显著差异( $P > 0.05$ ),说明其受父本影响较大,祖母代金定鸭对其影响衰减。“半番”鸭与母本金定鸭相近,也没有显著差异,而显著高于父本番鸭( $P < 0.01$ ),表明其受母本影响较大。因此上面涉及“大土北”鸭的产蛋率高,年平均产蛋量 304 枚<sup>[4]</sup>,表明其仍受祖母代影响较大,占有优势作用,而耗氧率低于金定鸭,说明产蛋和遗传两个因素,对“大土北”鸭耗氧率的影响,其父性遗传起主导作用。

## 讨论和小结

对于上述结果,有如下几点看法。

1. 耗氧率是衡量动物机体能量代谢高低的重要标志。本文以金定鸭与北京鸭、“大土北”鸭和番鸭比较,其体重小,耗氧率高,呈负相关。经  $t$  检验,表现有极显著差异。此结果再以协方差分析法验证,也表明金定鸭的耗氧率明显地高于“大土北”鸭和番鸭,而且三种鸭的不同个体体重由小到大,耗氧率逐渐由高变低,呈负的直线相关。这一结果与德国学者雷伯纳(Rubner)提出的“动物机体单位体重上的代谢强度与动物体重成反比”<sup>[9,10]</sup>的见解吻合。

2. 前已报道<sup>[1,2]</sup>,金定鸭♀×北京鸭♂→ $F_1$ (“土北”鸭),其再回交北京鸭♂,获得回交子代“大土北”鸭。金定鸭的产蛋率高,而北京鸭的体型大、生长快,其回交子代的产蛋性能受祖母本影响较大。其体型、生长速度受父本影响较大,总的生产性能综合了两亲本的优点,呈现杂种优势。从耗氧率的测定结果看来,金定鸭为  $613.17 \pm 127.00$  毫升/公斤·小时,高于北京鸭( $386.52 \pm 99.70$  毫升/公斤·小时),其回交子代“大土北”鸭的耗氧率( $426.25 \pm 81.82$  毫升/公斤·小时)低于金定鸭而与北京鸭相近。表明“大土北”鸭的耗氧率受父本北京鸭影响较大。金定鸭♀×番鸭♂→ $F_1$ (“半番”鸭),其无繁殖能力,但生长快、体型大、产肉性能与父本相似,而耗氧率却显著地高于父本,与母本金定鸭相近,说明其耗氧率受母本影响较大。

3. 本试验对四种鸭性别间的耗氧率比较,结果在同性(雌性或雄性)间,都是金定鸭高于

北京鸭、“大土北”鸭和番鸭。在同品种(类型)内的两性之间,金定鸭与“大土北”鸭雌雄之间的耗氧率相近似,没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。北京鸭和番鸭为雌性的显著地高于雄性 ( $P < 0.01$ )。这一结果与一般认为的家禽的能量代谢强度雄性高于雌性<sup>[6]</sup>的观点不一致。本试验是在 1982 年 3—5 月间进行的,此时正处于生产旺季,对蛋用型的金定鸭和肉蛋兼用的“大土北”鸭来说,雌鸭产蛋率高,雄鸭配种能力强(按雄雌性比 1:16,受精率可达 85.60%)<sup>[1]</sup>,因此能量代谢强度较为一致。北京鸭和番鸭的雌鸭也处于旺产季节,而雄鸭体型大,行动迟缓,配种能力较差(如北京鸭雄雌性比 1:6,受精率为 85.23%)<sup>[1]</sup>,且雄鸭单独饲养,未予配种,因而两性之间能量代谢强度不一致,雌鸭的耗氧率高于雄鸭。

## 参 考 文 献

- [1] 厦门大学生物系动物学教研室 1973 家鸭杂种优势的利用 I. “土北”鸭与“半番”鸭的比较 遗传学通讯 (4): 1—6。
- [2] ——— 1975 家鸭杂种优势的利用 II. “大土北”鸭的研究 厦门大学学报(自然科学版) 14(2): 43—52。
- [3] 孙儒泳 1959 棕背䴓和普通田鼠的生态生理特性(气体代谢)的地理变异 北京师范大学学报(自然科学版) (6): 67。
- [4] ——— 1973 褐家鼠和社鼠耗氧量研究中协方差分析的应用 动物学报 19(3): 283。
- [5] ——— 1976 协方差分析和调整平均数在生物学研究中的应用,北京师范大学学报(自然科学报) (2—3): 62—76。
- [6] Bell, D. J. and B. M. Freeman, 1971 Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl, London: Academic Press. (1): 287。
- [7] El-Wailly, A. J. 1966 Energy requirements, for egg-laying and incubation in the zebra finch *Taeniopygia castanotis*, Cander, (68): 582。