

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.04.026

禽蛋基本特性参数分析与试验*

姜松 漆虹 王国江 蒋晓峰

(江苏大学食品与生物工程学院, 镇江 212013)

【摘要】 为了探讨与禽蛋大小头自动定向排列机理相关的基本特征参数分布和估算模型,测定了禽蛋的几何尺寸、质心位置、体积和质量,研究了禽蛋几何尺寸与体积、质量的关系。结果表明,禽蛋的几何尺寸和质量都呈正态分布;禽蛋质心位于禽蛋长径中点处,相对于长径与短径交点向小头侧偏移 3 ~ 5 mm,质心位置称重法优于支撑法;用标准椭球体体积计算方法估算的 3 种禽蛋体积与实测体积相关性均在 0.94 以上;禽蛋质量与禽蛋估算体积的相关性优于与长径、短径、蛋形指数、禽蛋长径处椭圆面积的三元和一元线性回归,3 种禽蛋质量模型的相关系数均在 0.95 以上。

关键词: 禽蛋 质心 体积 质量 基本特征参数

中图分类号: TS253.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2012)04-0137-06

Analysis and Experiment on Basic Properties of Poultry Eggs

Jiang Song Qi Hong Wang Guojiang Jiang Xiaofeng

(School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

To explore the distribution and the estimation model of the basic geometry parameters related to the automatic direction of the tip side and blunt side of eggs, geometry, quality center location, volume and quality of poultry eggs were measured. Relationships between egg geometry and the volume, quality were studied. The results showed that the geometry and quality of eggs were normal distribution. It was found that the quality center of poultry eggs was at the midpoint of the length. The distance from the quality center to the intersection of the length and the breadth was within 3 ~ 5 mm. The supporting method was better than weighing method. The correlation coefficient of estimated volume using standard ellipsoid volume methods and actual volume of native egg, feed egg and duck egg were all more than 0.94. The correlation between the weight and the approximate volume of eggs was better than that with the length, breadth, their ratio in a cubic regression, also that with the oval area over the length in a linear regression. The correlation coefficient of the weight model of native egg, feed egg and duck egg were all more than 0.95.

Key words Poultry eggs, Quality center, Volume, Weight, Basic geometry parameter

引言

禽蛋长径、短径、蛋形指数、质心、体积和质量等基本特征参数是禽蛋大小头自动定向排列装置研究的基础,也是禽蛋定向排列动力学分析的基础。目

前,在禽蛋自动分级领域,许多学者开展了基于图像处理技术的禽蛋大小等级模型和质量模型的研究^[1-10];在蛋禽品种选育领域,主要研究禽蛋基本特征参数与蛋禽品种的关系^[11-15]。而与禽蛋大小头自动定向排列相关的基本特征参数和用标准椭球

收稿日期: 2011-10-10 修回日期: 2011-10-22

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A126)、江苏省高校自然科学研究资助项目(重大)(11KJA550002)和江苏省高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 姜松,教授,博士,主要从事农产品力学特性及加工装备研究,E-mail: jszh1@ujs.edu.cn

体体积估算禽蛋体积及质量的研究,未见相关文献报道。

本文主要探讨禽蛋几何尺寸分布和质心的测定方法,同时探讨禽蛋体积和质量与几何尺寸的关系,建立禽蛋体积和质量的简便估算模型,为禽蛋大小头自动定向排列机理的研究奠定基础。

1 材料与仪器设备

1.1 试验原料

市售新鲜草鸡蛋 200 枚、新鲜洋鸡蛋 200 枚、新鲜鸭蛋 200 枚,购于江苏大学凯源旅游超市。试验用禽蛋均洁净、无斑纹、无破损。

1.2 试验仪器与设备

0 ~ 150 mm 电子数显游标卡尺(分辨率 0.01 mm),上海量具刃具厂;JA2003 型千分位电子分析天平(分辨率 0.001 g),上海上平仪器公司;不锈钢直尺(最小刻度 1 mm),市售。

2 试验方法

2.1 禽蛋基本特征参数测定

用电子天平测定禽蛋的质量 m ,用电子数显游标卡尺测定禽蛋的长径 L 、短径(最大短径的简称) B ,在测定禽蛋长径时使短径端点与游标卡尺刻度线所在的尺体相切,同时测定禽蛋短径距禽蛋锐端端点距离 F 。由禽蛋长径、短径计算蛋形指数 k (蛋形指数为禽蛋长径与禽蛋短径的比值)。

2.2 禽蛋质心位置测定

2.2.1 支撑法

禽蛋静止在水平桌面时,其质心在过接触点的垂线上,接触点即为禽蛋质心在水平面上的竖直投影点,此时禽蛋处于二力平衡。假设禽蛋质量分布相对于长径是轴对称的,则禽蛋质心位于禽蛋长径上。因此,接触点的垂线与长径的交点即为禽蛋的质心。

在水平桌面上铺设两层白纸,中间铺设复写纸一张。将禽蛋放置于上层白纸上,测定禽蛋钝端端点距水平桌面的距离 H_1 和禽蛋锐端端点距水平桌面的距离 H_2 。轻压禽蛋,使其与上层白纸的接触点位置通过复写纸在下层白纸上留下印记;同时标记禽蛋锐端端点在白纸上的投影位置,测定禽蛋锐端端点在白纸上的投影位置印记与禽蛋在白纸上的印记点之间的距离 M ;每枚禽蛋重复 3 次,取平均值。各参数关系如图 1 所示。禽蛋质心距禽蛋锐端端点距离、禽蛋自倾角、禽蛋质心相对于长径短径交点的偏移量计算公式如下

$$J = M / \cos \theta \tag{1}$$

$$\theta = \arcsin \frac{H_1 - H_2}{L} \tag{2}$$

$$T = F - J \tag{3}$$

式中 J ——质心与禽蛋锐端端点距离,mm
 θ ——禽蛋自倾角,(°)
 T ——禽蛋质心相对于长径与短径交点的偏移量,mm
 F ——禽蛋短径距禽蛋锐端端点距离,mm

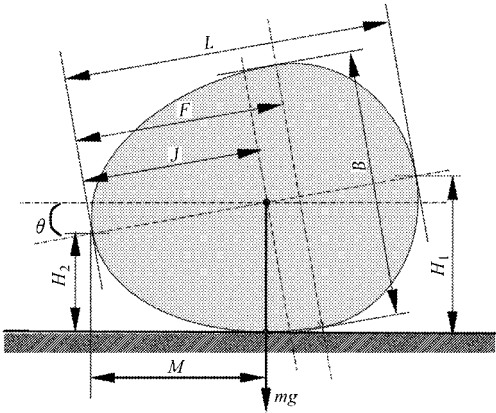


图 1 禽蛋质心位置支撑法测定示意图
Fig. 1 Quality center test of eggs with supporting method

2.2.2 称重法

测量禽蛋质量 m ,然后在禽蛋的两头端点用万能胶粘上大头针;禽蛋锐端大头针用支撑架固定,禽蛋钝端大头针用支撑架固定在电子天平的托盘上,并使禽蛋长径处于水平;测定装置如图 2 所示。通过电子天平测定禽蛋钝端支撑点的质量 m_1 。每枚禽蛋重复 3 次,取平均值。质心与禽蛋锐端端点距离计算公式为

$$J = Lm_1 / m \tag{4}$$

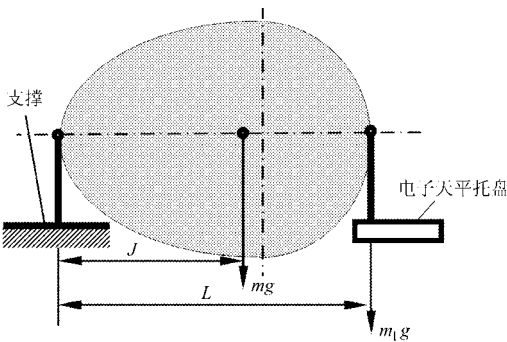


图 2 禽蛋质心位置称重法测定示意图
Fig. 2 Quality center test of eggs with weighing method

2.3 禽蛋体积测定

根据排水法原理测定禽蛋的实际体积,在 500 mL 量筒中注水至 400 mL 处,将一枚禽蛋慢慢放入量筒,然后用 100 mL 注射器抽水,使水位回到 400 mL 处,再将注射器中的水放入 100 mL 量筒中,读取该量筒中水的体积,即为禽蛋体积。每枚禽蛋

重复 5 次,取平均值,3 种禽蛋各测 100 枚。

3 结果与分析

3.1 禽蛋基本特征参数分析

禽蛋基本特征参数如表 1 所示。由表可知,草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋的基本特征参数比较离散,洋鸡蛋的蛋形指数偏小,形状较圆。图 3 ~ 5 为禽蛋质量、长径和短径的分布曲线。由图可知,3 种禽蛋的质量、长径、短径均基本服从正态分布。

3.2 禽蛋质心位置分析

(1) 支撑法

从表 2 可知,草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋的质心距锐端端点距离与长径比值 (J/L) 基本相同,每个试验样本均在 0.5 左右波动。可以认为,草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋的质心均位于禽蛋长径中点处,并处于长径与短径交点的锐端(小头)一侧。

表 1 草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋基本特征参数

Tab.1 Statistics of basic properties of native egg, feed egg and duck egg

品种	数值类型	特征参数				
		禽蛋长径	禽蛋短径	蛋形指数 k	禽蛋质量	禽蛋自倾角 θ
		L/mm	B/mm		m/g	$/(^{\circ})$
草鸡蛋	均值	54.15	40.05	1.35	48.54	6.70
	标准差	2.34	1.41	0.06	4.71	2.78
	最大值	61.17	43.47	1.54	59.96	14.32
	最小值	49.12	36.34	1.23	38.18	0.87
洋鸡蛋	均值	57.12	43.62	1.31	61.26	6.99
	标准差	2.45	1.27	0.06	5.14	2.63
	最大值	64.47	49.13	1.50	87.62	13.99
	最小值	51.07	40.67	1.14	50.15	1.07
鸭蛋	均值	58.71	42.82	1.37	61.79	5.67
	标准差	2.26	1.34	0.05	5.44	1.52
	最大值	65.79	46.44	1.53	78.64	8.13
	最小值	52.94	39.29	1.23	57.07	1.85

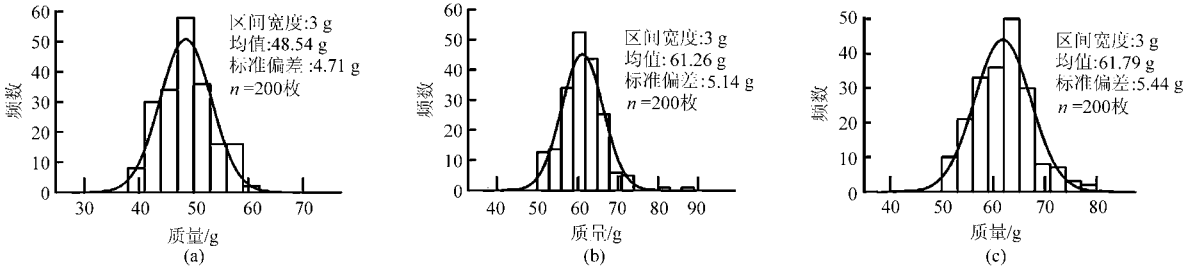


图 3 质量直方图

Fig.3 Column diagram of weight of egg

(a) 草鸡蛋 (b) 洋鸡蛋 (c) 鸭蛋

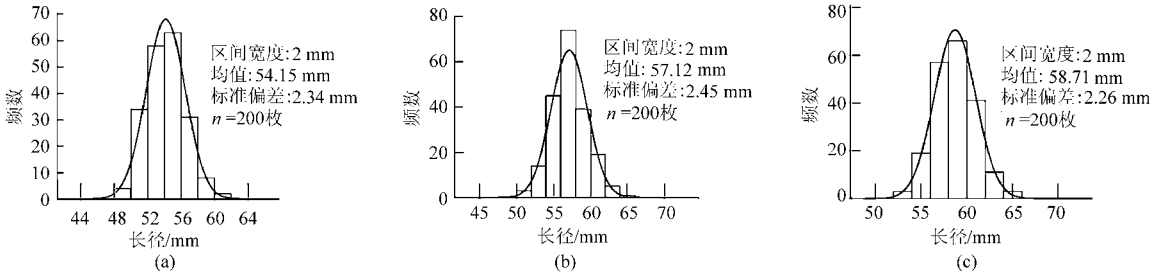


图 4 长径直方图

Fig.4 Column diagram of length of egg

(a) 草鸡蛋 (b) 洋鸡蛋 (c) 鸭蛋

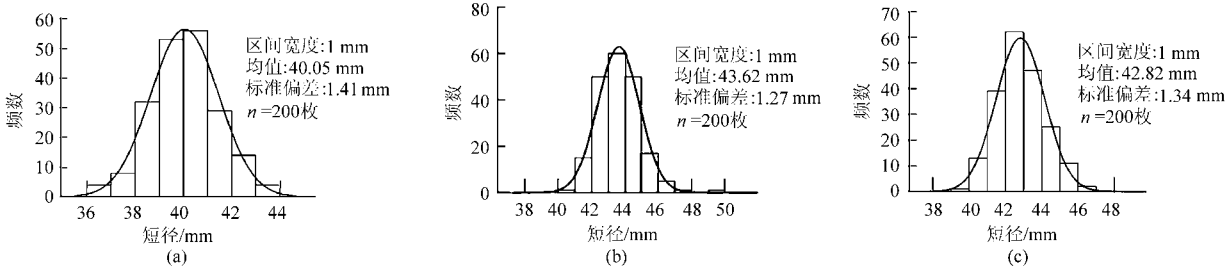


图 5 短径直方图

Fig.5 Column diagram of width of egg

(a) 草鸡蛋 (b) 洋鸡蛋 (c) 鸭蛋

表 2 禽蛋质心位置支撑法测定值

Tab.2 Quality center location of eggs with supporting method

品种	L/mm	J/mm	J/L	F/mm	T/mm
草鸡蛋	54.15 ± 2.34	26.57 ± 1.42	0.49 ± 0.02	30.23 ± 1.73	3.65 ± 1.42
洋鸡蛋	57.12 ± 2.45	28.06 ± 1.42	0.49 ± 0.02	32.09 ± 1.61	4.03 ± 1.37
鸭蛋	58.71 ± 2.26	28.27 ± 1.64	0.48 ± 0.02	32.87 ± 1.80	4.59 ± 1.74

表 3 禽蛋质心位置称重法测定值

Tab.3 Quality center location of eggs with weighing method

品种	L/mm	m_1/g	J/mm	J/L
草鸡蛋	54.15 ± 2.34	23.78 ± 2.53	26.52 ± 1.52	0.49 ± 0.02
洋鸡蛋	57.12 ± 2.45	29.61 ± 2.74	27.61 ± 1.60	0.48 ± 0.02
鸭蛋	58.71 ± 2.26	29.67 ± 3.03	28.20 ± 1.80	0.48 ± 0.02

(2) 称重法

从表 3 可知,禽蛋质心距锐端端点距离与长径比值(J/L)和每个试验样本的质心波动状态与支撑法基本一致。但是,支撑法需要测量多个中间几何物理量,而称重法中间参数少,试验处理过程简单,可优先采用。

3.3 禽蛋体积模型分析

在文献[12]中引用的 Ayupov 鸡蛋体积估算公式为 $0.523LB^2$, Narushin 建立的估算公式为 $0.525LB^2$,而本文用标准椭球体体积计算方法估算禽蛋的体积的公式为 $\pi LB^2/6$,即约为 $0.524LB^2$ 。表 4 为 3 种禽蛋体积估算结果和实测体积。由表可知,3 个体积估算公式计算结果都与实测体积非常接近。每种禽蛋用 3 种估算方法所得体积与实测体积的相关系数是相同的,草鸡蛋、洋鸡蛋和鸭蛋的估算体积与实测体积的相关系数分别为 0.982 4、0.949 8 和 0.964 7。3 个体积估算公式中标准椭球体体积计算公式与球体体积公式类似,比较直观明了。因此,用标准椭球体体积计算方法估算禽蛋体积最简便。

表 4 3 种禽蛋体积估算结果及实测体积

Tab.4 Estimated volume and actual volume of native egg, feed egg and duck egg

测定方法	草鸡蛋		洋鸡蛋		鸭蛋	
	均值	方差	均值	方差	均值	方差
$0.524LB^2$	45.59	4.58	56.78	5.47	58.03	4.53
$0.523LB^2$	45.54	4.58	56.72	5.46	57.97	4.52
$0.525LB^2$	45.71	4.60	56.94	5.48	58.19	4.54
实测体积	46.90	4.47	57.25	5.85	59.63	4.87

3.4 禽蛋质量模型分析

用禽蛋长径 L 、禽蛋短径 B 、蛋形指数 k 、禽蛋长

径处椭圆面积 S (用标准椭圆面积公式 $\pi LB/4$)、禽蛋估算体积 V (用标准椭球体体积公式计算)对禽蛋质量 m 进行线性和多元线性回归分析,如表 5 所示。

表 5 草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋质量相关因素回归结果

Tab.5 Regression results of correlative factor for mass of native egg, feed egg and duck egg

品种	序号	回归方程	相关系数 r	决定系数 R^2
草鸡蛋	1	$m = -38.789 + 1.883L + 0.983B - 39.933k$	0.975 8	0.952 2
	2	$m = -93.201 + 0.878L + 2.351B$	0.975 6	0.951 7
	3	$m = -18.738 3 + 3.946 7S$	0.954 9	0.911 8
	4	$m = 1.064 0V$	0.974 9	0.951 8
洋鸡蛋	5	$m = -187.306 - 0.252L + 4.404B + 54.063k$	0.949 7	0.902 0
	6	$m = -116.732 + 0.999L + 2.785B$	0.949 5	0.901 6
	7	$m = -18.141 9 + 4.055 6S$	0.916 9	0.840 7
	8	$m = 1.070 0V$	0.950 3	0.905 3
鸭蛋	9	$m = -114.290 + 1.123L + 2.699B - 3.954k$	0.959 1	0.919 8
	10	$m = -119.692 + 1.031L + 2.825B$	0.959 1	0.919 8
	11	$m = -24.567 3 + 4.371 0S$	0.937 6	0.879 1
	12	$m = 1.093 7V$	0.959 4	0.920 9

由表 5 可知,禽蛋质量与长径、短径和蛋形指数的相关性与文献[4]一致。禽蛋质量与长径、短径的相关性和禽蛋质量与长径、短径、蛋形指数的相关性非常接近,表明蛋形指数对提高相关性的贡献很小。禽蛋质量与禽蛋长径处椭圆面积相关系数较禽蛋质量与禽蛋估算体积相关系数小。在 4 种回归分析中,草鸡蛋、洋鸡蛋和鸭蛋的质量与估算体积相关性最高,草鸡蛋的质量与估算体积相关性高于面积相关性,与长径、短径、蛋形指数的三元相关性接近。因此,禽蛋质量与禽蛋估算体积相关性分析最简便、最有效。图 6 为 3 种禽蛋质量与估算体积的关系。

对表 5 中 2、4、6、8、10、12 号方程进行残差分析,验证模型可靠性。由表 6 知,各个回归方程残差基本为 $-3 \sim 3$ g,能够对禽蛋质量进行描述。

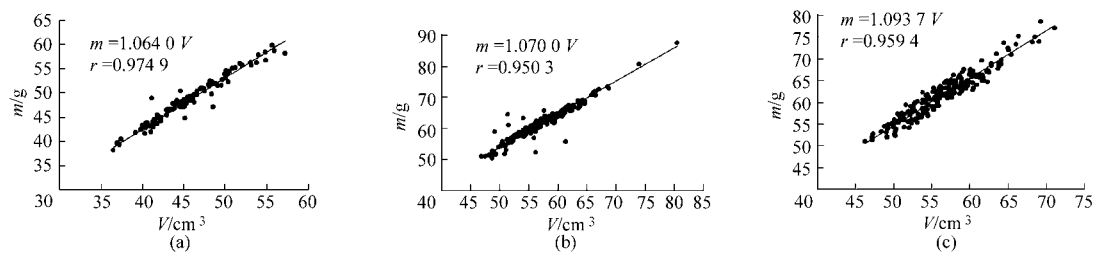


图 6 质量与估算体积线性回归

Fig. 6 Linear regression of mass with characterization factor for proximate volume of egg

(a) 草鸡蛋 (b) 洋鸡蛋 (c) 鸭蛋

表 6 草鸡蛋、养鸡蛋、鸭蛋回归方程残差分析

Tab. 6 Residual analysis of regression equations for mass of native egg, feed egg and duck egg							
品种	序号	残差分布					残差在[-3,3]范围内， 禽蛋数量百分比/%
		[-∞ , -3)	[-3 , -2)	[-2 , 2)	[2 , 3]	(3 , +∞]	
草鸡蛋	2	4	0	193	2	1	97. 50
	4	4	2	191	2	1	97. 50
洋鸡蛋	6	4	4	185	1	6	95. 00
	8	4	4	186	1	5	95. 50
鸭蛋	10	2	19	160	15	4	97. 00
	12	2	16	159	20	3	97. 50

4 结论

- (1)禽蛋(草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋)的质量、长径和短径均基本服从正态分布。
- (2)禽蛋质心均位于禽蛋长径中点处,相对于长径与短径交点的偏移量一般为 3 ~ 5 mm。2 种禽蛋质心测定方法中称重法优于支撑法。
- (3)可以用估算标准椭球体体积计算方法估算

禽蛋体积。

(4)可以用体积估算禽蛋的质量,禽蛋质量与禽蛋估算体积相关性优于与长径、短径、蛋形指数、禽蛋长径处椭圆面积的三元和一元线性回归,草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋的回归方程分别为： $m = 1. 064 0V$ 、 $m = 1. 070 0V$ 、 $m = 1. 093 7V$, 相关系数 r 分别为 0. 974 9、0. 950 3、0. 959 4。

参 考 文 献

1 王巧华,余佑生,宗望远,等. 鸭蛋大小等级模型研究[J]. 华中农业大学学报,2001, 20(6):578 ~ 583.
Wang Qiaohua, Yu Yousheng, Zong Wangyuan, et al. Research on the grading model of duck egg bulk [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2001, 20(6):578 ~ 583. (in Chinese)

2 熊利荣,王树才,任奕林,等. 鸡蛋大小等级模型的修正[J]. 农机化研究,2006(2):104 ~ 105.
Xiong Lirong, Wang Shucai, Ren Yilin, et al. The revision of grade model on egg's weight [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(2):104 ~ 105. (in Chinese)

3 周平,刘俭英,王巧华,等. 鸡蛋图像检测方法与质量预测模型[J]. 农业机械学报,2007,38(11): 80 ~ 83.
Zhou Ping, Liu Jianying, Wang Qiaohua, et al. Egg image detection method and weight prediction model [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(11): 80 ~ 83. (in Chinese)

4 任奕林,刘俭英,熊利荣. 鸡蛋基本物理参数试验研究[J]. 农机化研究,2005(3):191 ~ 192,195.
Ren Yilin, Liu Jianying, Xiong Lirong. Research on the basic physics properties of eggs [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(3):191 ~ 192,195. (in Chinese)

5 周平,赵春江,王纪华,等. 基于机器视觉的鸡蛋体积与表面积计算方法[J]. 农业机械学报,2010,41(5): 168 ~ 171.
Zhou Ping, Zhao Chunjiang, Wang Jihua, et al. Egg geometry calculations based on machine vision [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(5): 168 ~ 171. (in Chinese)

6 刘鹏,屠康,潘磊庆. 基于虚拟仪器和神经网络的禽蛋检测系统设计[J]. 农业工程学报,2009,25(1): 158 ~ 163.
Liu Peng, Tu Kang, Pan Leiqing. Design of a non-destructive detection system for eggs based on virtual instrument and neural network [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009,25(1): 158 ~ 163. (in Chinese)

- 7 饶秀勤,岑益科,应义斌. 基于外形几何特征的鸡蛋重量检测模型[J]. 中国家禽,2007,29(5):18~20.
Rao Xiuqin, Cen Yike, Ying Yibin. Study on the model of egg weight detecting based on its geometry [J]. China Poultry, 2007, 29(5):18~20. (in Chinese)
- 8 王树才,任奕林,陈红,等. 利用敲击声音信号进行禽蛋破损检测和模糊识别[J]. 农业工程学报,2004,20(4):130~133.
Wang Shucan, Ren Yilin, Chen Hong, et al. Detection of cracked-shell eggs using acoustic signal and fuzzy recognition [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(4):130~133. (in Chinese)
- 9 王树才,文友先,刘俭英. 基于机器人的禽蛋自动检测与分级系统集成开发[J]. 农业工程学报,2008,24(4):186~189.
Wang Shucan, Wen Youxian, Liu Jianying. Integrated development of the system of robot for detecting and grading eggs [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008,24(4):186~189. (in Chinese)
- 10 Lin Hao, Zhao Jiewen, Chen Quansheng, et al. Eggshell crack detection based on acoustic response and support vector data description algorithm [J]. European Food Research and Technology, 2009,230(1):95~100.
- 11 Narushin V G. Theavian egg: geometrical description and calculation of parameters [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1997,68(3):201~205.
- 12 Narushin V G. Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth[J]. Poultry Science, 2005, 84(3):482~484.
- 13 郁志宏,王春光,张晓芳,等. 自适应粒子群神经网络识别种蛋成活性[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,2006,37(4):464~467.
- 14 郁志宏,王栓巧,张平,等. 应用改进遗传神经网络识别种蛋蛋形试验[J]. 农业工程学报,2009,25(10):340~344.
Yu Zhihong, Wang Shuanqiao, Zhang Ping, et al. Experiment on automatic shape identification of hatching eggs based on improved genetic algorithm neural network [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(10):340~344. (in Chinese)
- 15 郁志宏,倪志华,李海军,等. 机器视觉技术在禽蛋品质和孵化成活性检测中的应用[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,2004,25(3):116~120.
Yu Zhihong, Ni Zhihua, Li Haijun, et al. Application of machine vision technique to detecting eggs quality and hatching eggs fertility [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University: Natural Science Edition, 2004,25(3):116~120. (in Chinese)

(上接第 105 页)

- 17 杨宇,魏源送,刘俊新. 镁盐添加对猪粪堆肥过程中氮、磷养分保留的影响[J]. 环境科学,2008,29(9):2672~2677.
Yang Yu, Wei Yuansong, Liu Junxin. Effect of magnesium salt addition on nutrients conservation during swine manure composting[J]. Environmental Science, 2008,29(9):2672~2677. (in Chinese)
- 18 Samaras P, Papadimitriou C A, Haritou I, et al. Investigation of sewage sludge stabilization potential by the addition of fly ash and lime[J]. Journal of Hazardous Materials, 2008,154(1~3):1052~1059.
- 19 陈广银,王德汉,吴艳,等. 石灰预处理对树叶堆肥过程中养分转化的影响[J]. 生态环境,2007,16(1):77~82.
Chen Guangyin, Wang Dehan, Wu Yan, et al. Effect of lime-pretreatment on nutrient transformation of leaves compost[J]. Ecology and Environment, 2007, 16(1):77~82. (in Chinese)
- 20 Zucconi F, Pera A, Forte M, et al. Evaluating toxicity of immature compost [J]. Biocycle, 1981, 22(1):54~57.
- 21 Garcia C, Hernandez T, Costa F. Study on water extract of sewage composts[J]. Soil Science Nutrient, 1990, 37(3):399~408.
- 22 Warman P R. Evaluation of seed germination and growth tests for assessing compost maturity [J]. Compost Science and Utilization, 1999, 7(3):33~37.
- 23 Kirchmann H, Widen P. Separately collected organic household wastes [J]. Swedish Journal of Agricultural Research, 1994, 24(1):3~12.
- 24 黄国锋,钟流举,张振钿,等. 猪粪堆肥化处理过程中的氮素转变及腐熟度研究[J]. 应用生态学报,2002,13(11):1459~1462.
Huang Guofeng, Zhong Liuju, Zhang Zhentian, et al. On nitrogen transformations and maturity during composting of pig manure[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(11):1459~1462. (in Chinese)
- 25 Wong J W C, Fung S O, Selvam A. Coal fly ash and lime addition enhances the rate and efficiency of decomposition of food waste during composting [J]. Bioresource Technology, 2009,100(13):3324~3331.