

李昊杰, 王继光, 方晓敏, 等. 苏农黑猪生长特征和采食行为分析及其性别差异比较 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (6): 22-30.

LI H J, WANG J G, FANG X M, et al. Analysis of growth characteristics, feeding behavior and gender differences of Sunong black pigs [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (6): 22-30.

苏农黑猪生长特征和采食行为分析及其性别差异比较

李昊杰¹, 王继光¹, 方晓敏^{2*}, 姚文^{1*}

(1. 南京农业大学动物科技学院, 江苏 南京 210095;

2. 江苏省农业科学院农产品质量安全与营养研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 旨在研究新培育品种苏农黑猪的生长发育规律。选取体重 35 kg 左右、日龄 102 d 左右的苏农黑猪阉公猪和母猪各 30 头, 将同性别的猪按体重随机分入 3 个栏, 每栏 10 头, 当苏农黑猪饲喂至体重 110 kg 左右结束试验。通过种猪生产性能测定站获取生长性能与采食相关指标数据, 研究其生长发育规律及性别差异, 并使用多种函数拟合生长曲线及消化能、粗蛋白摄入与体重的曲线。结果: 阉公猪生长至 110 kg 所需的平均天数显著低于母猪 ($P < 0.05$), 平均日增重和平均日采食量极显著高于母猪 ($P < 0.01$), 平均日采食时间极显著高于母猪 ($P < 0.01$)。生长曲线的拟合结果以 von Bertalanffy 模型为最优, 阉公猪和母猪的拐点日龄、拐点体重和最大日增重分别为 126 d、50.931 kg、0.764 kg 和 111 d、41.791 kg、0.752 kg。消化能、粗蛋白摄入与体重曲线的拟合结果以 ExpDec1 模型为最优, 拟合得到的预测值均高于猪营养需要量中的推荐值。相较于母猪, 阉公猪营养需要量预测值更高。综上, 苏农黑猪阉公猪生长性能优于母猪, von Bertalanffy 模型能较好地预测苏农黑猪生长发育情况, ExpDec1 模型能较好地预测苏农黑猪能量和蛋白摄入量。

关键词: 苏农黑猪; 性别差异; 生长发育规律; 非线性模型

中图分类号: S828

文献标志码: A

文章编号: 0529-5130(2024)06-0022-09

Analysis of growth characteristics, feeding behavior and gender differences of Sunong black pigs

LI Haojie¹, WANG Jiguang¹, FANG Xiaomin^{2*}, YAO Wen^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. Institute of Agricultural Products Quality Safety and Nutrition, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: This article aims to study the growth and development patterns of Sunong black pigs. In this study, 30 barrows and 30 gilts of the Sunong black pig breed, each weighing approximately 35 kg, and aged at approximately 102 days, were selected and randomly assigned to three pens with 10 pigs per pen based on their gender. The experiment continued until the pigs reached a weight of around 110 kg each. Then, their growth performance and feeding behavior related indicators were obtained by the Pig Performance Testing Station. The investigation focused on the growth and developmental patterns, and gender differences of the pigs, involving fitting growth curves and nutrient intake curves with multiple functions. The results as follows: The average days to of the barrows growing to 110 kg of body weight were significantly lower than those of the corresponding gilts ($P < 0.05$). Their average daily weight gain and average daily feed intake were significantly higher ($P < 0.01$). Their average daily feeding time was significantly higher, too ($P < 0.01$). The von Bertalanffy model used on the pigs fitted best, with the growth inflexion of time, the growth inflexion of the breast muscle weight, and the maximum daily gain for the barrows and gilts being 126 days, 50.931 kg, 0.764 kg, and 111 days, 41.791 kg, 0.752 kg, respectively. The curves of their digestible energy and crude protein intake showed that the ExpDec1 model provided the best fit, and the predicted values were higher than those in nutrient requirements of Swine. Compared with the gilts, the predicted nutritional requirements for the barrows were higher. Taken together, the growth performance of the barrows was superior to that of the gilts. The von Bertalanffy model better predicted the growth and development of the Sunong black pigs,

收稿日期: 2024-02-01; 修回日期: 2024-04-12

基金项目: 江苏现代农业(生猪)产业技术体系项目(JATS[2023]423); 江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目(JBGS[2021]103)

第一作者: 李昊杰, 男, 蒙古族, 硕士研究生

*通信作者: 方晓敏, 研究员, 主要从事猪育种与肉品质分析评价研究, E-mail: fxmw2000@163.com; 姚文, 教授, 主要从事单胃动物饲料营养和智慧健康养殖的研究与技术集成推广, E-mail: yaowen67jp@njau.edu.cn。

while the ExpDec1 model better predicted the energy and protein intake of the pig breed.

Keywords: Sunong black pig; gender difference; growth and development; nonlinear growth models

猪的生长发育受品种、性别和健康程度等因素的影响^[1]。在自由采食模式下记录不同日龄猪的体重,通过数学模型拟合生长曲线可反映猪的生长规律,这不仅可以为品种选育提供依据,也可为制定饲养管理策略提供参考。目前最常用的是应用 Logistic^[2]、Gompertz^[3]和 von Bertalanffy 模型^[4]拟合出“S”型生长曲线。猪的能量和蛋白质需要量随其品种、性别和生长阶段的不同而存在差异^[5-6],饲料能量和蛋白水平过高或过低都会影响其生长^[7-8]。研究中常使用回归模型建立猪能量和蛋白质摄入量与体重的关系^[9-10],因此建立不同性别和体重猪的能量和蛋白需要量模型,可为其饲养标准制定和生产提供理论指导^[11-13]。

采食是机体获取营养物质的重要行为模式^[14],猪的采食行为与品种、养殖环境、饲料、生长阶段和健康程度等因素有关,且具有中度至高度遗传性^[15-16]。采食行为可以通过平均日采食量、平均日采食时间、平均日采食次数、平均每次采食量、平均每次采食时间和采食速度等指标进行评估^[17]。研究猪的采食行为,可以了解猪的生长、发育情况以及调整饲喂方案^[18]。种猪生长性能测定站(pig performance testing station, PPTS)可以根据猪电子耳标单独记录每头猪采食时的体重、采食量、采食时间等数据,为猪的采食行为和生长规律分析提供数据支持。

苏农黑猪是江苏省农业科学院利用黄淮海黑猪、苏钟猪和巴克夏猪杂交选育的优质黑猪,具有耐粗饲、抗病力强等优点,但目前对其生长发育特点缺乏系统研究,也缺少与其生长规律相适应的营养需要量和饲养标准。为了挖掘苏农黑猪的种质资源特性和提高生产效率,本试验使用奥斯本种猪性能测定站收集试验猪群的体重、采食量、采食次数和采食时间等数据,以分析不同性别与不同生长阶段猪采食和生长的差异,并拟合猪的生长曲线、消化能摄入与粗蛋白摄入和体重曲线来了解苏农黑猪的生长特性,以期为实际生产做出指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计与饲养管理

饲喂试验于江苏省扬州市高邮市惠城生态养殖园开展,参照 NY/T 822—2019《种猪生产性能测定规程》,选取 102 日龄左右、体重约 35 kg 的健康苏农黑猪的阉公猪和母猪各 30 头,根据体重按随机区组

的方式将同一性别的猪分入 3 个栏,每栏 10 头。每栏安装有奥饲本全自动种猪生产性能测定系统,可准确记录每头猪的采食时间、采食量、采食次数和体重等数据。经 3 d 预饲期后,试验正式开始,至目标体重(110 kg 左右)结束。饲喂阶段划分参考 GB/T 39235—2020《猪营养需要量》,划分为生长期(35~55 kg)和育肥期(55~110 kg),生长期 25 d 左右,育肥期 78 d 左右。试验饲粮购自江苏征泰饲料有限公司,试验期内猪自由采食和自由饮水,定期消毒并打扫猪舍。

对两阶段饲料各取 3 份平行样品,根据 GB/T 6432—2018《饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法》、GB/T 6433—2006《饲料中粗脂肪的测定》、GB/T 6438—2007《饲料中粗灰分的测定》进行饲料分析,GB/T 213—2008《煤的发热量测定方法》测定总能,营养水平见表 1。并计算日粮的消化能(DE),计算公式为消化能^[19]。

表 1 试验日粮营养水平

项目	生长阶段	育肥阶段
粗蛋白/%	16.17	15.16
粗脂肪/%	5.88	6.48
粗灰分/%	5.25	4.68
总能/(MJ·kg ⁻¹)	26.22	25.67
消化能 [#] /(MJ·kg ⁻¹)	17.45	17.46

注:[#]消化能为计算值,其余指标为实测值。

1.2 数据采集

通过奥饲本全自动种猪生产性能测定系统,记录并下载猪的采食时间、采食时长、采食量和体重等数据,至试验结束共计下载 91 485 条数据,剔除猪只单次采食量为负数和大于 1 500 g 的异常数据后剩 87 217 条。

1.3 生长发育指标计算

使用剔除异常值后的数据计算猪只生长性能及相关发育指标,计算公式如下:

$$\text{平均日采食量} = \text{总采食量} / \text{总日龄},$$

$$\text{平均日增重} = \text{总增重} / \text{总日龄},$$

$$\text{料重比} = \text{总采食量} / \text{总增重}.$$

1.4 采食相关指标计算

采食相关指标计算公式如下:

$$\text{平均日采食时间} = \text{总采食时间} / \text{总日龄},$$

$$\text{平均日采食次数} = \text{总采食次数} / \text{总日龄},$$

平均每次采食量 = 平均日采食量 / 平均日采食次数,
 平均每次采食时间 = 总采食时间 / 总采食次数,
 采食速度 = 平均日采食量 / 平均日采食时间。

1.5 生长曲线模型及相关参数

使用 Logistic、von Bertalanffy 和 Gompertz 模型对

试验猪只体重和日龄进行生长曲线拟合^[20], 使用 SPSS 26.0 计算模型参数 A 、 B 、 K 的最优估计值, 并计算拐点体重、拐点日龄和最大日增重等指标, 其中 A 为极限体重, 可以反映动物的成年体重; B 为调节参数 (常数); K 为即时相对生长速率, 各模型表达式及相关参数见表 2。

表 2 常用生长曲线模型及相关参数

函数名称	表达式	模型参数	拐点体重	拐点日龄	最大日增重
Logistic	$Wt = A / (1 + Be^{-Kt})$	A, B, K	$A/2$	$(\ln B) / K$	$KWi/2$
Gompertz	$Wt = Ae^{-Be^{-Kt}}$	A, B, K	A/e	$(\ln B) / K$	KWi
von Bertalanffy	$Wt = A(1 - Be^{-Kt})^3$	A, B, K	$8A/27$	$(\ln 3B) / K$	$3KWi/2$

注: Wt 为 t 日龄时的体重, t 为日龄, A 为极限体重, B 为调节参数 (常数), K 为即时相对生长速率, Wi 为理论拐点体重。

1.6 消化能和粗蛋白摄入量与体重回归模型及相关参数

使用 Origin 2021 中的最优模型筛选功能, 代入猪只不同体重时的消化能摄入量和体重, 综合模型用途和拟合度选择排名前二的模型进行曲线拟合, 即 Allometricl 函数和 ExpDecl 函数, 函数表达式分别为 $y = a \times x^b$ 和 $y = A_1 \times e^{\frac{-x}{t_1}} + y_0$, 式中 y 为摄入量, x 为体重, a 为平衡常数, b 为常数, A_1 为斜率, e 为自然常数, t_1 为时间常数, y_0 为偏移量。

1.7 数据统计与分析

生长性能数据通过 Excel 2021 进行整理, 运用 SPSS 26.0 软件进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 数据以平均值和标准误表示, $P < 0.05$ 代表差异显著, $P < 0.01$ 代表差异极显著。使用 Origin 2021 和 GraphPad Prism 8 进行图表绘制。

根据拟合度 (R^2)、残差平方和 (SEE)、赤池化信息准则 (AIC) 和贝叶斯信息准则 (BIC) 来评估生长曲线模型和消化能摄入和粗蛋白摄入与体重回归模型的准确性, R^2 越接近 1, SSE 、 AIC 和 BIC 越

小表示曲线拟合效果越好。其计算公式如下:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

$$AIC = n \times \ln(SSE) + 2 \times (k+1) - n \times \ln(n),$$

$$BIC = n \times \ln(SSE) + (k+1) \times \ln(n) - n \times \ln(n),$$

式中 n 为样本个数, y_i 为预测变量的真实值, \bar{y} 表示预测变量真实值的平均值, \hat{y}_i 为使用模型得到的预测值, \bar{y}_i 表示模型预测值的平均值, i 表示求和公式中的循环变量, k 为自变量个数。

2 结果

2.1 苏农黑猪生长性能的性别差异

通过表 3 可以看出, 苏农黑猪阉公猪和母猪初始体重没有差异, 但阉公猪达 110 kg 体重所需时间显著低于母猪 ($P < 0.05$)。阉公猪平均日增重和日采食量极显著高于母猪 ($P < 0.01$), 料重比显著高于母猪 ($P < 0.05$)。

表 3 苏农黑猪生长性能的性别差异

项目	试验分组		标准误	P 值
	阉公猪	母猪		
初始体重/kg	37.49	36.95	0.70	0.704
到达 110 kg 所需天数/d	99.32	109.96	2.41	0.026
到达 110 kg 平均日增重/ (kg · d ⁻¹)	0.77	0.70	0.01	0.007
到达 110 kg 平均日采食量/ (kg · d ⁻¹)	2.64	2.25	0.05	<0.001
到达 110 kg 料重比	3.43	3.22	0.04	0.011

2.2 苏农黑猪采食行为相关指标的性别差异分析

由表 4 可知, 苏农黑猪阉公猪平均日采食时间极

显著高于母猪 ($P < 0.01$), 苏农黑猪阉公猪的平均日采食次数、平均每次采食量、平均每次采食时间和采

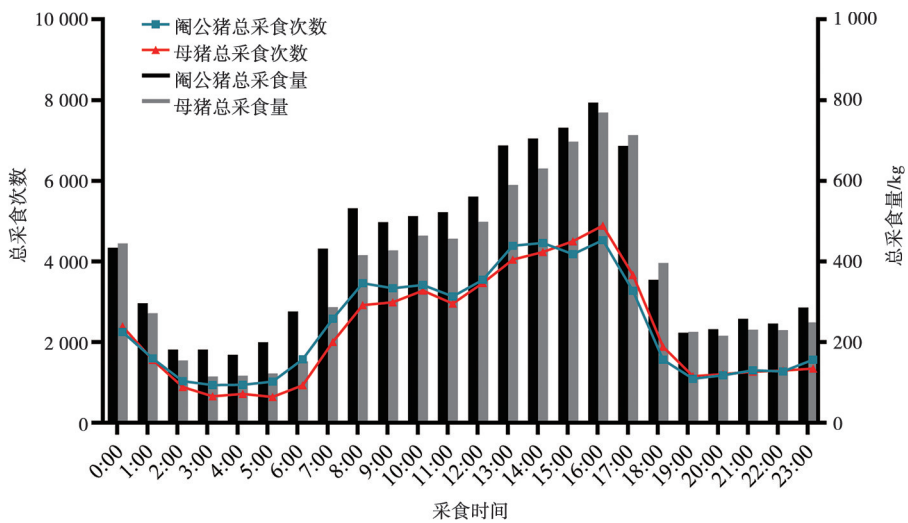
食速度均高于母猪，但差异不显著。

通过图1可以看出，苏农黑猪阉公猪和母猪的采食时间段类似，其在一天中采食最多的时间段为13:00~17:00，采食最少的时间段为2:00~

5:00，上午的采食高峰为10:00，下午的采食高峰为16:00，各时间点采食量总体表现为阉公猪高于母猪。

表4 苏农黑猪采食行为相关指标的性别差异

项目	组别		标准误	P 值
	阉公猪	母猪		
平均日采食时间/min	62.22	52.54	1.56	0.001
平均日采食次数	14.86	13.73	0.46	0.223
平均每次采食量/g	179.40	157.05	6.68	0.100
平均每次采食时间/min	4.53	4.06	0.21	0.256
采食速度/(g·min ⁻¹)	41.21	39.37	0.90	0.312



此图为阉公猪和母猪各时间段的总采食次数和总采食量，总采食次数（折线图）对应左侧 y 轴，总采食量（柱状图）对应右侧 y 轴。

图1 苏农黑猪昼夜采食特征的性别差异

2.3 苏农黑猪阉公猪和母猪生长曲线

模型参数估计值和拟合度参数值见表5和表6，3种模型对苏农黑猪阉公猪和母猪体重的拟合度 R^2 均大于0.995，表明其都能较好的拟合苏农黑猪生长曲线。结合不同模型拟合度参数值（表6），可知使用 von Bertalanffy 模型拟合苏农黑猪阉公猪和母猪生

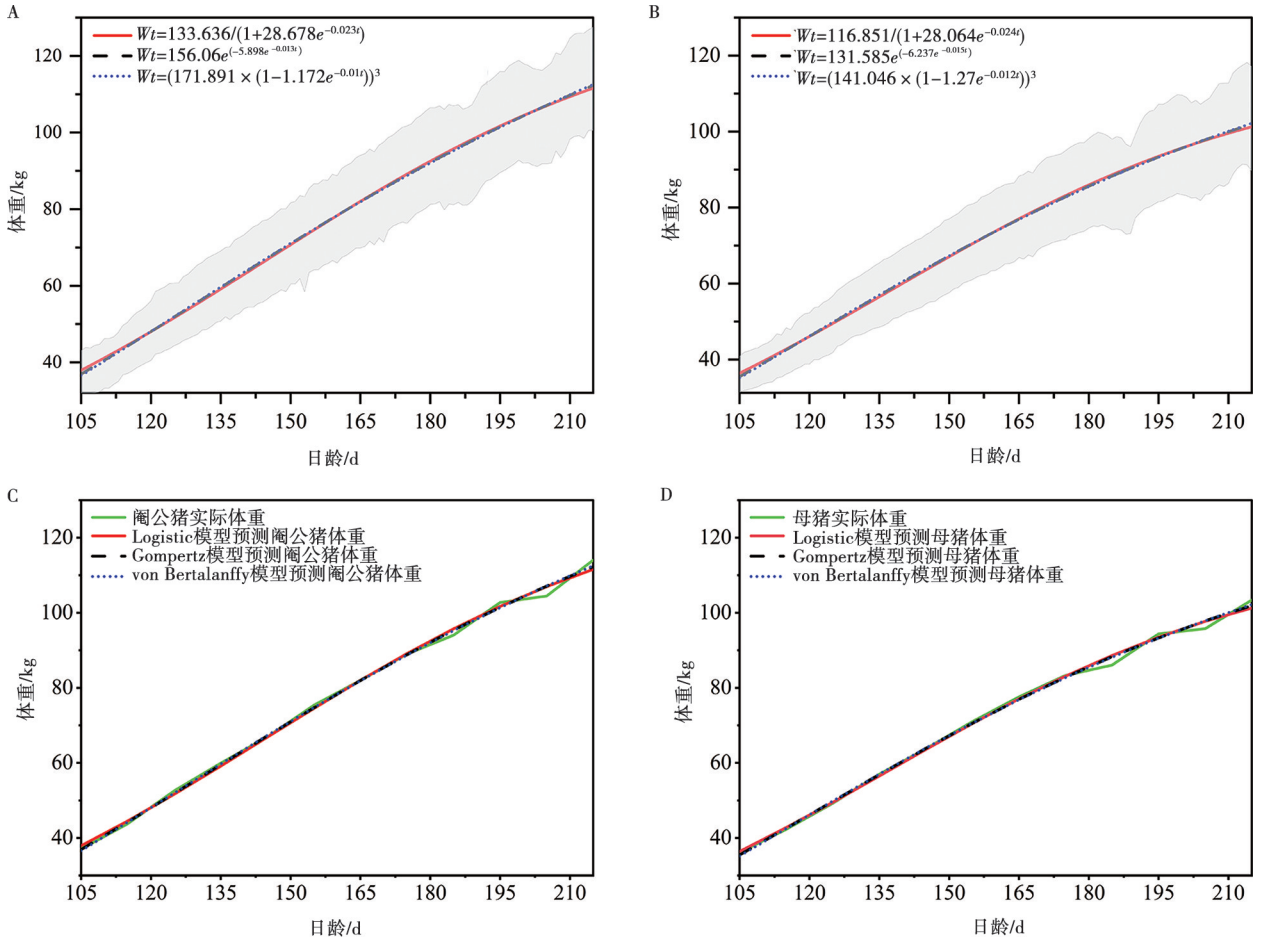
长曲线时所得到的拟合度 R^2 最接近1，且 SSE 、 AIC 和 BIC 最小，并结合猪只实际体重得出 von Bertalanffy 模型为最优拟合模型。图2展示了对60头苏农黑猪使用 Logistic、Gompertz 和 von Bertalanffy 3种模型拟合的生长曲线和实际体重。

表5 苏农黑猪生长曲线模型参数估计值

模型	组别	A	B	K	拐点日龄/d	拐点体重/kg	最大日增重/kg
Logistic	阉公猪	133.636	28.678	0.023	146	66.818	0.768
	母猪	116.851	28.064	0.024	139	58.426	0.701
Gompertz	阉公猪	156.060	5.898	0.013	137	57.411	0.746
	母猪	131.585	6.237	0.015	122	48.406	0.726
von Bertalanffy	阉公猪	171.891	1.172	0.010	126	50.931	0.764
	母猪	141.046	1.270	0.012	111	41.791	0.752

表 6 苏农黑猪生长曲线模型拟合度参数值

函数名称	组别	R^2	SSE	AIC	BIC
Logistic	阉公猪	0.998	182.45	60	65
	母猪	0.995	200.71	71	75
Gompertz	阉公猪	0.997	146.91	36	41
	母猪	0.996	171.28	53	58
von Bertalanffy	阉公猪	0.998	140.47	31	36
	母猪	0.996	167.08	50	55



A、B. 分别为阉公猪和母猪生长曲线（灰色阴影由猪只实际体重平均值和标准差绘制）；C、D. 分别为阉公猪和母猪的体重实测值与3种模型预测值。

图 2 不同模型拟合的苏农黑猪生长曲线

2.4 苏农黑猪阉公猪和母猪消化能和粗蛋白摄入与体重的回归模型

表 7 列出了 Allometric1 模型和 ExpDec1 模型拟合苏农黑猪阉公猪和母猪消化能和粗蛋白摄入与体重关系的拟合度参数值。对于阉公猪，ExpDec1 模型可以更好地拟合消化能和粗蛋白摄入与体重的关系， R^2 更大，SSE、AIC 和 BIC 更小；对于母猪，ExpDec1 模型可以更好地拟合消化能摄入和体重的关系，Allo-

metric1 模型可以更好地拟合粗蛋白摄入和体重的关系， R^2 更大，SSE、AIC 和 BIC 更小。

图 3 将曲线可视化，A、C 两图分别为阉公猪消化能和粗蛋白摄入量与体重的回归曲线，B、D 两图分别为母猪消化能和粗蛋白摄入量与体重的回归曲线，可看出不同体重阉公猪每天需要摄入量明显高于母猪的消化能和粗蛋白，对于母猪的粗蛋白摄入量，两个模型的拟合曲线基本吻合。综合考虑，ExpDec1

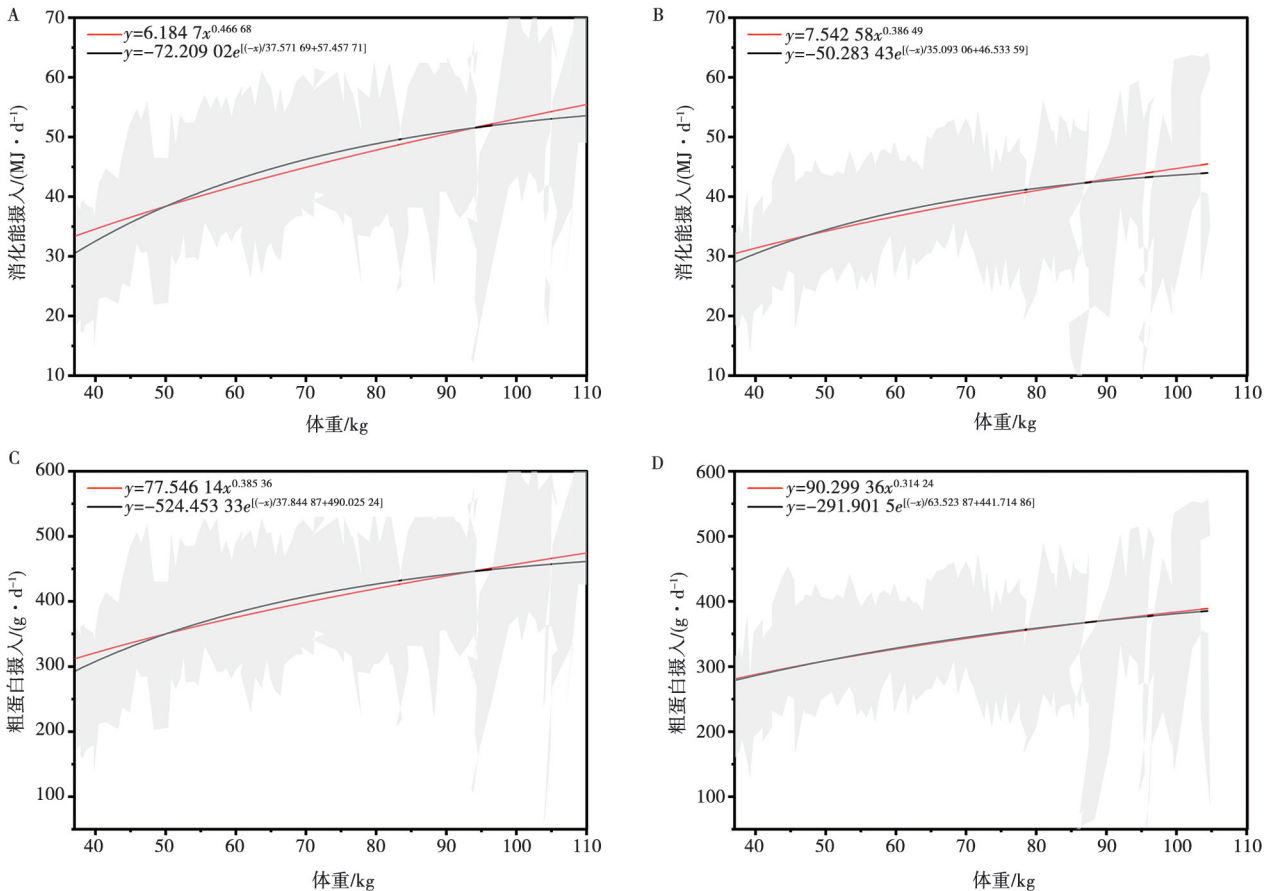
模型可用于苏农黑猪的能量和蛋白需要量的预测。

图4将模型预测的营养摄入量分别与GB/T 39235—2020《猪营养需要量》中的瘦肉型和脂肪型生长育肥猪和后备母猪的数据进行比较。对于消化能摄入量，两模型的预测值均高于猪营养需要量且差距较大。对于粗蛋白摄入量，两模型在50~75 kg和

75~100 kg的预测值与瘦肉型猪营养需要量相近，在其他阶段均高于猪营养需要量。总体来看两种模型的预测值均高于猪营养需要量，相较于瘦肉型猪营养需要，模型预测值与脂肪型猪营养需要量差距较大，但模型间预测值相近。

表7 苏农黑猪消化能和粗蛋白摄入与体重回归模型拟合度参数值

项目	函数名称	性别	R^2	SSE	AIC	BIC
消化能摄入与体重	Allometric1	阉公猪	0.706	1 855.04	318	322
		母猪	0.691	780.49	221	226
	ExpDec1	阉公猪	0.716	1 790.58	314	318
		母猪	0.697	765.17	219	224
粗蛋白摄入与体重	Allometric1	阉公猪	0.649	122 377.22	783	787
		母猪	0.589	62 789.24	709	713
	ExpDec1	阉公猪	0.653	120 966.81	781	786
		母猪	0.584	63 464.73	710	714



A、B. 分别为阉公猪和母猪的消化能摄入量与体重关系模型，C、D. 分别为阉公猪和母猪粗蛋白摄入量与体重关系模型，灰色阴影由猪只实际消化能和粗蛋白摄入平均值与其标准差绘制。

图3 苏农黑猪消化能和粗蛋白摄入量与体重的回归模型曲线

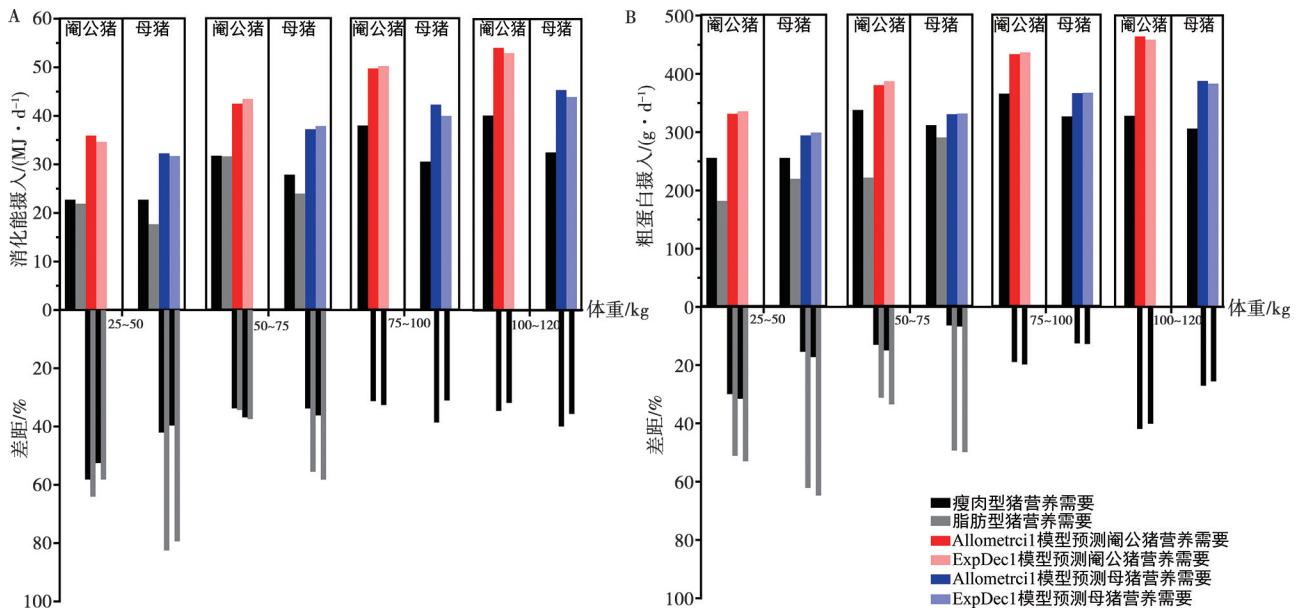


图4 苏农黑猪消化能 (A) 和粗蛋白 (B) 摄入模型预测值与猪营养需要量 (2020) 数据对比

3 讨论

3.1 苏农黑猪生长发育规律和采食行为

研究苏农黑猪阉公猪和母猪的生长特征和采食行为,对制定适宜的饲养方案以改善饲养管理水平,从而挖掘苏农黑猪生长潜力具有一定的指导意义。从试验结果可知,与关中黑猪的研究报道一致^[21-22],苏农黑猪阉公猪生长性能明显优于母猪,阉公猪到达110 kg所需天数显著少于母猪。

舍饲条件下,猪的采食多集中在白天,一般上午(9:00—11:00)和下午(15:00—17:00)各有一次采食高峰^[18],苏农黑猪有类似的采食行为模式,其采食行为存在明显的性别差异,阉公猪和母猪采食时间段虽无明显差异,但阉公猪平均日采食时间极显著大于母猪,且平均日采食次数、平均每次采食量、平均每次采食时间和采食速度均大于母猪。

3.2 苏农黑猪生长曲线拟合

不同品种的猪进行生长曲线模型拟合,比较生长拐点的差异,了解其生长发育的规律,为规模化养殖和科学饲喂提供参考依据^[23]。Logistic、Gompertz和von Bertalanffy模型是常用的生长曲线拟合模型。本研究通过这3种模型对苏农黑猪的体重进行生长曲线拟合发现 von Bertalanffy模型拟合的生长曲线最优,这与周士镇等^[24]拟合江泉黑猪和沂蒙黑猪及陆雪林等^[25]拟合沙乌头猪生长变化规律的结果一致。同时也有研究得出不同的最佳生长曲线,如从江香猪^[26]和浦东白猪^[27]的最佳拟合曲线是Logistic,Gompertz模型对鄂通两头乌^[28]、内江猪^[29]的拟合效果最好,

可能是由于品种、饲喂环境和管理等多种因素导致。因此,养殖中需结合实际情况选择最佳的生长曲线模型,了解其生长发育规律,进而为生产提供指导。后续试验将在不同季节和不同养殖场开展,来探究不同情况下苏农黑猪的生长发育情况。

本研究最优模型拟合的阉公猪拐点日龄为126 d,拐点体重为50.931 kg,最大日增重为0.764 kg。拐点日龄126 d迟于江泉黑猪(115.8 d)^[24]、沂蒙黑猪(102.5 d)^[24],早于沙乌头猪(146 d)^[25]、鄂通两头乌(132 d)^[28];拐点体重较沂蒙黑猪(42.81 kg)^[24]、沙乌头猪(36.808 kg)^[25]大,比江泉黑猪(54.02 kg)^[24]、鄂通两头乌(54.45 kg)^[28]小;最大日增重较江泉黑猪(0.648 kg)^[24]、沂蒙黑猪(0.642 kg)^[24]、沙乌头猪(0.455 kg)^[25]和鄂通两头乌(0.599 kg)^[28]大。本研究最优模型拟合的母猪拐点日龄为111 d,拐点体重为41.791 kg,最大日增重0.752 kg,与其他猪种拐点日龄、体重和最大日增重的比较结果与阉公猪相似。综上,苏农黑猪拐点体重和最大日增重较大,且阉公猪大于母猪,表明其快速生长期较长且成熟体重较大,实际生产中苏农黑猪出栏体重较大,其在养殖规模不变的条件下可产出更多的猪肉,符合其大体型瘦肉猪的选育目标。

3.3 苏农黑猪消化能、粗蛋白摄入量与体重的关系

本研究采用Allometric1模型和ExpDec1模型来预测苏农黑猪基于体重的能量和蛋白质摄入量。Allometric1模型表达式类似幂函数,即每日营养摄入量将随体重的增加而持续增加,而ExpDec1模型表达式类似单相指数衰减函数,即每日营养摄入量会随体

重的增加而增加至一个最大值然后开始逐渐减小,更符合猪只实际生长中的营养摄入量情况。综合模型拟合度参数值, ExpDec1 模型更适合苏农黑猪每日营养摄入量的预测。

饲料能量和蛋白质水平是影响饲料质量和成本的关键因素^[8,30],我国猪只饲料配方主要参考 GB/T 39235—2020《猪营养需要量》和美国 NRC2012《猪营养需要》,但由于品种、性别和生长阶段不同,已有标准的能量和蛋白质推荐水平并不能完全满足地方猪种和新选育猪种的需求^[8,31]。本研究将两模型的消化能和粗蛋白预测值与 GB/T 39235—2020《猪营养需要量》中的数据对比,可以看出:苏农黑猪阉公猪和母猪能量和蛋白需求均高于猪营养需要量,相较于脂肪型猪营养需要,苏农黑猪能量和蛋白需求量更接近瘦肉型,且阉公猪的营养需要量高于母猪,并且本研究饲喂阶段划分为生长期(35~55 kg)和育肥期(55~110 kg),与 GB/T 39235—2020《猪营养需要量》中饲喂阶段的划分不同。结合生长曲线模型,阉公猪拐点体重为 50.931 kg、拐点日龄为 126 d,母猪拐点体重为 41.791 kg、拐点日龄为 111 d,不同于目前已有瘦肉型猪^[32-34]和脂肪型猪^[35]的生长拐点,所以根据现有猪种生长数据所制定的饲养标准可能并不适用于苏农黑猪,应为苏农黑猪阉公猪和母猪划分不同的饲喂阶段并提供不同能量蛋白水平的饲料来满足其生长需求。

4 结论

本研究通过饲喂站测定苏农黑猪的生长性能,比较不同性别猪生长性能和采食行为相关指标差异,拟合生长曲线和能量蛋白曲线以明晰生长发育规律确定最优模型得出以下结论:

1) 相较于母猪,阉公猪生长速度较快,采食量较大且采食行为较多。

2) von Bertalanffy 模型是拟合苏农黑猪生长曲线的最优模型。

3) ExpDec1 模型是拟合苏农黑猪消化能、粗蛋白摄入与体重曲线的最优模型。

由于饲喂站对猪只体重的限制,本文苏农黑猪体重区间为 35~110 kg,后续应收集其从出生到上市全生命周期的数据,完整探究苏农黑猪的生长特征并拟合全生命周期的生长曲线和营养摄入曲线。

参考文献:

[1] BASTIANELLI D, SAUVANT D. Modelling the mechanisms of pig growth [J]. *Livest Prod Sci*, 1997, 51 (1): 97-107.

[2] WU R, MA C X, LITTELL R C, et al. A logistic mixture model for characterizing genetic determinants causing differentiation in growth trajectories [J]. *Genet Res*, 2002, 79 (3): 235-245.

[3] LAIRD A K. Postnatal growth of birds and mammals [J]. *Growth*, 1967, 30 (3): 349-363.

[4] KUHI H D, KEBREAB E, LÓPEZ S, et al. A derivation and evaluation of the von bertalanffy equation for describing growth in broilers over time [J]. *Agri Food Sci*, 2002, 11: 109-125.

[5] DOESCHATE R T, SCHEELE C W, SCHREURS V, et al. Digestibility studies in broiler chickens: influence of genotype, age, sex and method of determination [J]. *Br Poult Sci*, 1993, 34 (1): 131-146.

[6] ZELENKA J. Effects of sex, age and food intake upon metabolisable energy values in broiler chickens [J]. *Br Poult Sci*, 1997, 38 (3): 281-284.

[7] 薛星星. “巴×八”二元猪杂交选育及育肥期日粮适宜能蛋白比的研究 [D]. 西宁: 青海大学, 2022.

[8] 杨运, 胡诚军, 吕仁龙, 等. 我国地方猪能量需要研究进展 [J]. *饲料工业*, 2023, 44 (23): 9-13.

[9] 李海霞, 陈胜昌, 陆小蓓, 等. 德江复兴猪生长阶段能量需要量的研究 [J]. *中国畜牧杂志*, 2021, 57 (8): 182-186.

[10] 李斌, 余丹, 殷勤, 等. 20~50 kg 川藏黑猪的能量代谢与沉积规律研究 [J]. *动物营养学报*, 2017, 29 (4): 1294-1300.

[11] BIRKETT S, LANGE K. Calibration of a nutrient flow model of energy utilization by growing pigs [J]. *Br J Nutr*, 2001, 86 (6): 675-689.

[12] BELLEGO L, MILGEN J, DUBOIS S, et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs [J]. *J Anim Sci*, 2001, 79 (5): 1259-1271.

[13] 朱亚如, 秦贵信, 赵元. 猪饲料蛋白消化率与其理化特性关系的研究进展 [J]. *中国畜牧杂志*, 2020, 56 (2): 29-33.

[14] 姜辉, 杨慧, 方绍明, 等. 影响猪采食行为的肠道微生物种类鉴别 [J]. *畜牧兽医学报*, 2023, 54 (1): 213-226.

[15] 王婷婷, 黎焯, 赵书红, 等. 种猪采食行为与生长性状关联分析与实现 [J]. *华中农业大学学报*, 2022, 41 (4): 240-247.

[16] GORSSEN W, WINTERS C, MEYERMANS R, et al. A promising resilience parameter for breeding: the use of weight and feed trajectories in growing pigs [J]. *J Anim Sci Biotechnol*, 2023, 14 (1): 101.

[17] FORNÓS M, SANZ-FERNÁNDEZ S, JIMÉNEZ-MORENO E, et al. The feeding behaviour habits of growing-finishing pigs and its effects on growth performance and carcass quality: a review [J]. *Animals*, 2022, 12 (9): 1128.

[18] 闫红军, 张选民. 猪的生活习性 with 行为特点在生产中的利用 [J]. *畜牧兽医学报*, 2022, 41 (4): 63-65.

[19] NOBLET J, PEREZ J M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis [J]. *J Anim Sci*, 1993, 71 (12): 3389-3398.

[20] 王晋, 匡伟, 何宗亮, 等. 不同群体鸭生长曲线拟合及肌纤维特性分析 [J]. *南京农业大学学报*, 2022, 45 (4): 761-768.

[21] 谢宝财, 韩启春, 葛静, 等. 性别对关中黑猪生长性能及血液生化指标的影响 [J]. *家畜生态学报*, 2018, 39 (6): 48-51.

[22] 王金合, 王海花, 吕玉金, 等. 性别和添加卵磷脂对育肥猪生长性能、肉质和肌肉胶原含量的影响 [J]. *中国饲料*, 2019, (18): 36-40.

- [23] 李金辉, 张暖暖, 田星哲, 等. 肉羊生长模型构建及生长性能预测 [J]. 动物营养学报, 2021, 33 (11): 6462-6473.
- [24] 周士镇, 杨壮, 董立才, 等. 江泉黑猪生长发育规律及其生长曲线拟合研究 [J]. 中国猪业, 2023, 18 (4): 13-17.
- [25] 陆雪林, 吴昊旻, 雷胜辉, 等. 沙乌头猪育肥阶段生长曲线拟合的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56 (2): 64-67.
- [26] 徐永健, 龚婷, 王维勇, 等. 从江香猪公猪的生长发育规律及生长曲线拟合 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020 (3): 52-55.
- [27] 许栋, 陆雪林, 沈富林, 等. 浦东白猪育肥阶段生长曲线拟合的研究 [J]. 畜牧与兽医, 2017, 49 (11): 20-23.
- [28] 王玉慧, 师曼娜, 吴清清, 等. 鄂通两头乌猪生长发育规律及其生长曲线拟合分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2023, 59 (9): 220-223.
- [29] 陈景运, 甘麦邻, 胡晓, 等. 内江猪生长曲线拟合及体重预测模型构建 [J]. 中国畜牧杂志, 2023, 59 (8): 76-80.
- [30] WU Y, ZHAO J, XU C, et al. Progress towards pig nutrition in the last 27 years [J]. J Sci Food Agric, 2020, 100 (14): 5102-5110.
- [31] 杨凯, 鲁绍雄, 严达伟, 等. 中国地方猪能量、蛋白质和氨基酸需要研究进展 [J]. 饲料工业, 2021, 42 (24): 59-64.
- [32] 肖炜, 云鹏, 崔凤瑞, 等. 长白猪生长肥育期生长规律的研究 [J]. 畜牧与兽医, 2007, 39 (7): 29-31.
- [33] 董合瑞, 张玉伦, 薛慧, 等. 大体型瘦肉型猪生长性状曲线拟合的研究 [J]. 猪业科学, 2023, 40 (9): 112-115.
- [34] 颜赛娜, 陈斌. 基于 Logistic 和 Gompertz 模型拟合大白猪体重生长曲线的研究 [J]. 经济动物学报, 2023, 27 (1): 21-25.
- [35] 李庆岗, 吴义景, 钱坤, 等. 圩猪体重非线性生长曲线拟合分析 [J]. 养猪, 2017 (6): 52-55.

· 信息 ·

《畜牧与兽医》入选《科技期刊世界影响力指数 (WJCI) 报告 (2023)》

《科技期刊世界影响力指数 (WJCI) 报告》是中国科协课题《面向国际的科技期刊影响力综合评价方法研究》等的研究成果, 该系列课题旨在建立新的期刊评价系统, 探索面向全球的更为科学、全面、合理的期刊影响力评价方法, 为世界学术评价融入更多中国观点, 中国智慧, 推动世界范围内科技期刊的公平评价、同质等效使用。

《科技期刊世界影响力指数 (WJCI) 报告》从世界各国和地区 R&D 投入、科研论文产出、科研人员数量、期刊规模和水平四个维度确定各国家和地区入编来源期刊的比例, 确定了应从全球正在出版的约 6 万种科技学术期刊中遴选最具地区代表性、学科代表性、行业代表性的优秀期刊 1.5 万种左右为来源期刊的目标。项目组在充分调研国内外多个索引数据库期刊分类体系基础上, 确定了以《中华人民共和国学科分类及代码》为总纲, 参考《中国图书馆分类法》《学位授予和人才培养学科目录》等自主编了全面覆盖科学技术各领域的、体现新兴、交叉学科发展的期刊分类体系。项目组还得到国际上 CrossRef、Digital Science 的支持, 建立了计算指标用的《世界引文数据库》, 获得了知网、万方、中华医学期刊全文数据库部分浏览、下载数据和 Altmetric 等期刊网络使用数据。在此基础上, 项目组研制了综合引证和网络使用的新的期刊影响力评价指标——“科技期刊世界影响力指数 (WJCI)”。

《畜牧与兽医》在畜牧、兽医两学科领域均榜上有名, 这是对本刊学术水平和期刊影响力的肯定和鞭策, 我们将继续努力, 以办好一流期刊为目标, 在推动畜牧、兽医事业发展中更好地发挥引导、创新和传播作用。

(本刊编辑部)