

中国生猪耗粮系数时空演变特征

刘晓宇^{1,2}, 辛良杰¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 当代中国, 生猪饲料粮的生产与消费已经逐渐成为影响我国粮食安全保障的重要问题。耗粮系数是合理测算饲料粮需求量的核心, 厘清其时空演变特征对准确测算饲料粮数量具有重要意义。通过着重测算 2000—2018 年中国不同规模饲养生猪耗粮系数, 探讨其时空演变特征及可能原因, 得到以下主要结论: (1) 近年来我国生猪耗粮系数呈现出明显的上升趋势, 由 2000 年的 2.39 上升至 2018 年的 2.76, 年均增长 0.023。(2) 不同规模饲养生猪耗粮系数的差距逐渐缩小, 主要受到饲养过程中使用的精饲料占比变化趋同的影响。(3) 大规模饲养生猪的粮食转化效率和时间效率均高于其他规模。(4) 散养生猪的耗粮系数在空间上呈现“南北高, 中部低”, 其他规模则呈现“北高南低, 中部高东西低”的格局。从提高粮食利用效率的角度, 我国生猪养殖宜继续推动大规模饲养。

关键词: 生猪养殖; 耗粮系数; 时空演变; 饲养规模; 中国

随着经济发展和城镇化的快速推进, 中国的粮食安全问题日渐突出^[1], 未来粮食消费的总需求量将稳步增长^[2], 预计到 2030 年, 中国居民的人均粮食需求总量将达 551.4 kg^[3]。然而, 我国耕地资源十分稀缺, 并存在持续减少趋势^[4,5], 进一步加重了我国粮食供给的压力。饲料粮作为我国粮食消费的重要组成, 其需求量随着居民收入水平的提高^[6]和膳食结构的改善^[7-9]而不断增加, 所占粮食消费量的比例持续快速增长^[10-13]。保障饲料粮的安全逐渐成为未来粮食安全的重点^[7,14,15]。因此, 厘清我国粮食的供给和需求水平, 特别是准确测算和预测饲料需求成为科学研究的热点问题, 也是制定各项政策措施的基础^[16]。另一方面, 猪肉作为中国居民最主要的肉类消费产品, 占肉类总摄入量的 70% 以上^[17], 并且其人均摄入量仍在不断上升^[18]。同样, 生猪养殖饲料用量也是饲料粮中最重要的组成部分, 在饲料粮中占据绝大比例。准确把握生猪的饲料粮用量及效率是测算我国饲料粮需求的关键问题。

耗粮系数是指获取单位畜禽产品所需消耗的原粮数量, 可利用畜禽产品重量和生长周期内消耗的饲料粮重量计算^[19,20]。现有关于耗粮系数的研究多侧重于借助耗粮系数测算饲料粮的需求量或消费量^[7,14,20,21], 却极少把耗粮系数作为单独的研究对象^[22]。目前我国畜禽产品耗粮系数的计算和使用主要存在两方面的问题: 一是目前尚未形成统一的耗粮系数计算方法, 不同学者依据研究区、研究时段和内容的不同, 计算耗粮系数中考虑的变

收稿日期: 2020-10-12; 修订日期: 2021-02-03

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFE0104600)

作者简介: 刘晓宇 (1997-), 女, 湖北襄阳人, 硕士, 主要从事土地利用变化与效应研究。

E-mail: liuxy.19s@igsnrr.ac.cn

通讯作者: 辛良杰 (1978-), 男, 山东潍坊人, 博士, 副研究员, 主要从事土地利用变化与效应研究。

E-mail: xinlj@igsnrr.ac.cn

量有所差异,导致现有研究中使用的耗粮系数差异较大^[23]。以猪肉为例,唐华俊等^[19]使用耗粮系数为2.53,Zhou等^[24]使用的耗粮系数为4.7,而郭华等^[25]使用的耗粮系数则高达7。这也是造成不同学者计算饲料粮需求量/消费量和发展趋势结果迥异的关键原因^[22]。二是现有研究采用的耗粮系数多数停留在全国尺度上^[20,26,27],未涉及空间差异,导致计算结果不能有效反映真实情况。作为一个易受到饲养环境条件、饲养规模和方式等因素影响的变量,不同地区的耗粮系数应有所差别。此外,耗粮系数并非恒定,随着供求关系和科技发展水平的变化,牲畜的饲养效率、饲料结构等因素的变化会间接影响耗粮系数,使其数值随时间而改变。因此,利用合理方法计算不同地区和不同规模的耗粮系数,并据此考察耗粮系数的时空演变特征,有助于准确测算各地区不同规模的饲料粮需求量,进而准确把握我国的粮食安全形势。

由前述问题为切入点,本文重点研究2000—2018年全国各省(市、自治区)的散养、小规模、中规模和大规模生猪饲养的耗粮系数,旨在弄清生猪饲养耗粮系数的时空演变特征,为准确测算饲料粮需求量提供支持。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 耗粮系数

生猪等畜产品的生产主要利用饲料粮,可理解为粮食经由过腹转化成为畜产品。因此,本文采用“耗粮系数”来表示生产一个畜产品单位(胴体)所消耗的原粮数量,耗粮系数越低,表明粮食转化效率越高。不同年份、地区和规模的生猪的耗粮系数可用该年该地区生猪养殖周期的耗粮数量、主产品产量和屠宰率计算获得。

$$G_{i,j,k} = \frac{q_{i,j,k}}{y_{i,j,k} \times r} \quad (1)$$

式中: $G_{i,j,k}$ 代表第 i 年 j 地区 k 养殖规模的生猪的耗粮系数; $q_{i,j,k}$ 代表第 i 年 j 地区 k 养殖规模下生产一头生猪消耗的原粮数量(kg),由精饲料量折算而成(精饲料包括:粮食、豆类、配合饲料、混合饲料、麸皮、豆饼、油籽饼、饲料添加剂和添加物等^[28]); $y_{i,j,k}$ 代表第 i 年 j 地区 k 养殖规模生猪的主产品产量,即生猪活体的产品重量(kg); r 代表生猪的屠宰率,即胴体重量与活重的比值,本文生猪的屠宰率取值为0.7^[22]。

1.1.2 全规模耗粮系数

为了反映各地区不同饲养规模生猪的总体粮食转化效率,采用“全规模耗粮系数”表示某年某地区所有生猪饲养规模(散养、小规模、中规模、大规模)的平均耗粮系数,用各饲养规模生猪耗粮系数的加权平均来计算。

$$Ga_{i,j} = \sum_{k=1}^4 G_{i,j,k} \times W_{i,j,k} \quad (2)$$

式中: $Ga_{i,j}$ 表示第 i 年 j 地区的全规模耗粮系数; $W_{i,j,k}$ 表示第 i 年 j 地区 k 养殖规模的生猪的耗粮系数权重。

其中,不同饲养规模的权重利用不同饲养规模的每户饲养数量取值、户数和规模转换系数表示。由于不同年份、地区和规模饲养生猪的耗粮系数和主产品产量来源于《全国农产品成本收益资料汇编》,该资料中仅给出不同规模的界定标准,而未给出不同饲养

规模的养殖数量，故借助《中国畜牧兽医年鉴》中“各地区生猪饲养规模场（户）数情况”计算不同饲养规模的生猪养殖数量。又因《中国畜牧兽医年鉴》的规模分类标准与《全国农产品成本收益资料汇编》存在差异，引入规模转换系数将《中国畜牧兽医年鉴》的规模分类标准与《全国农产品成本收益资料汇编》对齐。

$$N_{i,j,k} = \sum V_{i,j,k_0} \times n_{i,j,k_0} \times c_{k_0}$$

(3)

$$W_{i,j,k} = \frac{N_{i,j,k}}{\sum_{k=1}^4 N_{i,j,k}}$$

(4)

式中： $N_{i,j,k}$ 表示第*i*年*j*地区*k*养殖规模的生猪养殖数量（头）； k_0 表示《中国畜牧兽医年鉴》的饲养规模类型； V_{i,j,k_0} 表示*k*₀养殖规模的每户饲养数量取值，本文采用区间中点，如年出栏数为1~49头的规模，数量取值为25，年出栏数为50~99头的规模，取值为75等，年出栏数大于50000头的规模，取值为60000； n_{i,j,k_0} 表示第*i*年*j*地区*k*₀养殖规模的饲养户数（户）； c_{k_0} 表示*k*₀养殖规模的规模转换系数，如对齐《全国农产品成本收益资料汇编》中的散养（≤30头）时，《中国畜牧兽医年鉴》中1~49头的户数的规模转换系数取0.6，即1~49的户数乘0.6作为散养的户数，又如对齐《全国农产品成本收益资料汇编》中的小规模（30~99头）时，《中国畜牧兽医年鉴》中1~49头的规模转换系数取0.4，50~99头的规模转换系数取1，即1~49头的户数乘0.4加上50~99头的户数乘0.6作为小规模饲养的户数（表1）；各饲养规模的权重 $W_{i,j,k}$ 为该规模的生猪饲养数量 $N_{i,j,k}$ 占有规模生猪饲养数量的比例。

表1 每户饲养数量及规模转换系数取值

Table 1 The values of pigs per household and scale conversion factor

《全国农产品成本收益资料汇编》 规模分类	《中国畜牧兽医年鉴》规模分类					
	2003—2007年			2008—2018年		
	规模/头	每户饲养数量取值/头	规模转换系数取值	规模/头	每户饲养数量取值/头	规模转换系数取值
散养 (≤30头)	1~9	5	1	1~49	25	0.6
	10~49	30	0.5			
小规模 (31~100头)	10~49	30	0.5	1~49	25	0.4
	50~99	75	1	50~99	75	1
中规模 (101~1000头)	100~499	300	1	100~499	300	1
	500~2999	1750	0.2	500~999	750	1
大规模 (> 1000头)	500~2999	1750	0.8	1000~2999	2000	1
	3000~9999	6500	1	3000~4999	4000	1
	10000~49999	30000	1	5000~9999	7500	1
	> 50000	60000	1	10000~49999	30000	1
				> 50000	60000	1

1.2 数据来源及处理

2000—2018年全国及各地区的不同规模（散养、小规模、中规模、大规模）的生猪主产品产量和耗粮数量数据来自《全国农产品成本收益资料汇编》（2001—2019年）^[28]。

生猪规模分类标准来自《全国农产品成本收益资料汇编》（2016年）。各地区生猪饲养规模场（户）数情况来自《中国畜牧兽医年鉴》（2003—2018年）^{〔29〕}。

由于2000—2002年的“各地区生猪饲养规模场（户）数情况”数据缺失，故2000—2002年各饲养规模的权重采用2003年权重计算；2005—2007年的“各地区生猪饲养规模场（户）数情况”中1~9头和10~49头的户数以及2007年5万头以上的户数缺失，故2005年1~49头的户数采用2004年1~49头户数的75%和2008年1~49头户数的25%之和计算；2006年1~49头的户数采用2004年1~49头户数的50%和2008年1~49头户数的50%之和计算；2007年1~49头的户数采用2004年1~49头户数的25%和2008年1~49头户数的75%之和计算；根据2003年和2004年中1~9头的户数约占1~49头户数的95.5%，利用该比例分别估计2005—2007年1~9头和10~49头的户数。2007年5万头以上的用2006年和2008年5万头以上的户数均值估计。2018年各饲养规模的权重采用2017年权重计算。

2 结果分析

2.1 不同规模生猪耗粮系数的时间变化特征

利用2001—2019年《全国农产品成本收益资料汇编》中分规模（散养、小规模、中规模、大规模）记载的生猪主产品产量和耗粮数量数据，分别计算了2000—2018年不同规模饲养生猪的耗粮系数及全规模耗粮系数，如图1所示。

总体上看，2000—2018年中国生猪全规模耗粮系数呈显著的上升趋势，由2000年的2.39上升至2018年的2.76，年均增长0.023（表2），表明生产同一单位生猪胴体产品所消耗的原粮数量逐渐增加，粮食转化效率降低，向耗粮化的方向发展。

从不同生猪饲养规模耗粮系数的变化趋势来看，四种规模的耗粮系数均呈现显著上升趋势（图1、表2），增长速率依次为散养（0.028），小规模（0.023），中规模（0.014）和大规模（0.009）。各规模的耗粮系数均在2004—2007年间出现较大波动。具体而言，散养生猪耗粮系数的变化趋势与全规模耗粮系数相似，除2004—2006年的较大波动外，逐年平稳上

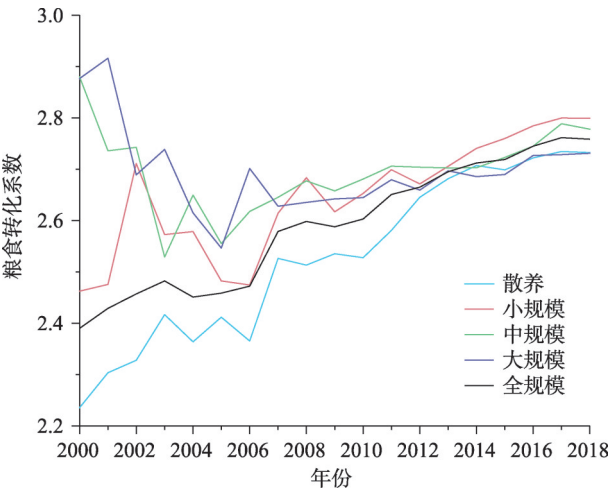


图1 不同规模生猪耗粮系数的时间变化
Fig. 1 Variations of grain consumption coefficients of different scales

表2 不同规模耗粮系数线性拟合结果

Table 2 Linear fitting results of grain consumption coefficients of different scales

饲养规模	线性拟合方程	R ²
散养	$y=0.028x-53.447$	0.912
小规模	$y=0.023x-43.824$	0.862
中规模	$y=0.014x-25.075$	0.885
大规模	$y=0.009x-16.427$	0.630
全规模	$y=0.023x-43.019$	0.935

注：表中的x为年份，y为耗粮系数。各方程的拟合斜率、截距及R²均在0.01水平上显著。考虑到2000—2004年数据有较大波动，线性拟合从2005年开始。

升。小规模饲养生猪的耗粮系数在2002—2005年间经历了先升后降的大幅波动,其最高值与最低值相差超过0.2,波动前后的2000—2001年与2005—2006年水平一致,在2006—2007年间经历了大幅增加后保持平稳上升。中规模和大规模饲养生猪的耗粮系数均在2000—2005年出现大幅下降,2005年与2000年耗粮系数数值相差均超过0.3。不同的是,中规模饲养的耗粮系数在2005年后持续上升,而大规模饲养的耗粮系数则在2005—2007年出现较大幅度的先升后降后缓慢上升。

从不同生猪饲养规模耗粮系数的差异来看,各规模饲养生猪的耗粮系数在2012年前的差异较大,2012年后差异逐渐缩小。2000年散养生猪的耗粮系数低于中大规模饲养生猪近0.6,而2012年后,各规模饲养生猪的耗粮系数逐渐接近,至2018年,各规模饲养生猪的耗粮系数依次为小规模(2.799) > 中规模(2.778) > 散养(2.733) > 大规模(2.731),全规模耗粮系数为2.758,各规模饲养生猪耗粮系数的最大值和最小值仅相差0.07。表明不同的生猪饲养规模生产一单位生猪胴体所消耗的原粮数量已较为接近。但自各规模饲养生猪的耗粮系数增速放缓以来,大规模饲养生猪和散养生猪的耗粮系数一直位于较低水平,且和中小规模仍保持一定差距。在规模养殖中,小、中、大规模饲养生猪的耗粮系数依次降低,大规模饲养生猪的耗粮系数最低,表明其粮食转化效率较中小规模高。

分析饲料结构的变化可以发现,近年来我国生猪饲养中精饲料的使用量在生猪食物总量中的比例不断增加,直接导致生猪在饲养过程中摄入的粮食数量增多,耗粮系数提高。不同饲养规模的精饲料占比变化如图2所示(因缺乏生猪饲养过程饲料用量数据,精饲料占比用精饲料费用占比代替)。规模上,散养生猪的精饲料费用占比大幅上升,由2000年的82.13%上升至2018年的96.59%,其中,2000—2012年是散养精饲料占比的主要上升时期。近年我国散养生猪的粮食用量在饲料中占比大幅提高^[30],在一定程度上推动了精饲料占比的上升,可能与猪粮价格比、劳动力成本的变化有关。小规模饲养生猪的精饲料占比整体呈现上升趋势,由2000年的88.66%增至2018年的99.30%,大幅上升主要出现在2000—2008年,具体表现为在2004—2006年小幅波动,2006—2008年陡增后转为缓慢上升。与小规模相似,中规模和大规模饲养生猪的精饲料占比同样呈现上升趋势,分别于2000年的94.56%和96.26%上升至2018年的99.75%和99.96%,并在2004—2006年发生小幅波动,2007—2008年大幅上升后转为平稳上升状态,并达到接近1的稳定水平。各规模的精饲料费用占比由2000年的较大差异逐渐发展为差距较小的稳定状态,正好解释了不同饲养规模的耗粮系数之间的差异逐渐缩小的现象。

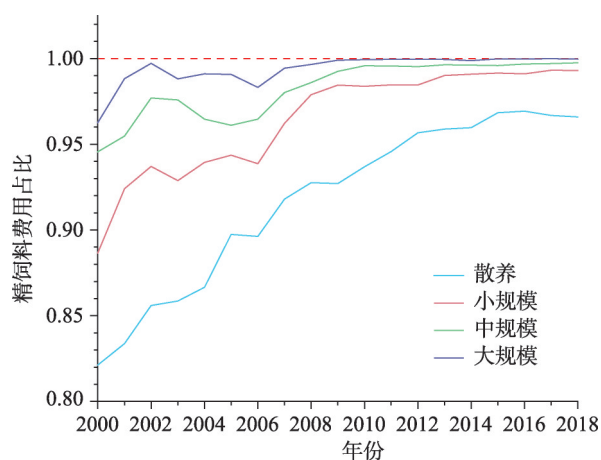


图2 不同饲养规模生猪精饲料费用占比

Fig. 2 Percentages of concentrate feed costs of different scales

值得注意的是,大规模饲养生猪在具有较优的粮食转化效率的同时兼具有较优的时间效率(图3),即生产一单位生猪胴体产品所消耗的时间较短,本文利用主产品产量与饲养天数的比值来表示饲养的时间效率。在研究时段内,各规模饲养生猪的时间效率逐渐升高,并在2009年前后由高速增长转为缓慢增长,与精饲料费用占比的变化趋势类似。2018年,一天能够生产主产品产量最高的规模为大规模(0.85 kg),依次为中规模(0.81 kg)、小规模(0.79 kg)和散养(0.74 kg)。表明随着饲养规模的增大,生猪饲养的时间效率不断增高。同时大规模养殖也具有相对较高的成本效率^[32],因此,大规模饲养生猪在养殖效率上相较于其他规模均具有绝对优势。

与耗粮系数的时间变化相同,不同生猪饲养规模的精饲料占比也在2004—2006年附近出现较大波动。探究2004—2006年耗粮系数波动的原因,一方面可能由于精饲料占比变化引起的波动,另一方面则可能由于2005—2007年“各地区生猪饲养规模场(户)数情况”数据的部分缺失,采用2004年和2008年的数据进行模拟计算而产生了一定误差。另外,2007—2008年耗粮系数的大幅增加可能由于《中国畜牧兽医年鉴》规模分类在2008年的改变而导致的误差(表1)。

2.2 不同规模生猪耗粮系数空间差异

按照前述方法,利用不同省份和不同规模的生猪饲养数据分别计算了各省份不同规模饲养生猪的耗粮系数和全规模耗粮系数。图4a、图4b分别展示了2000年和2018年全

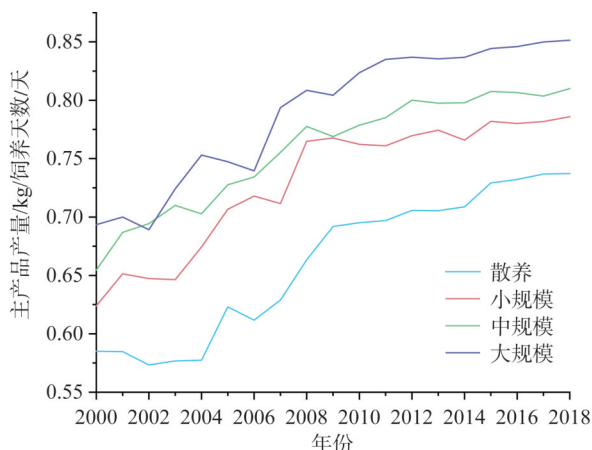
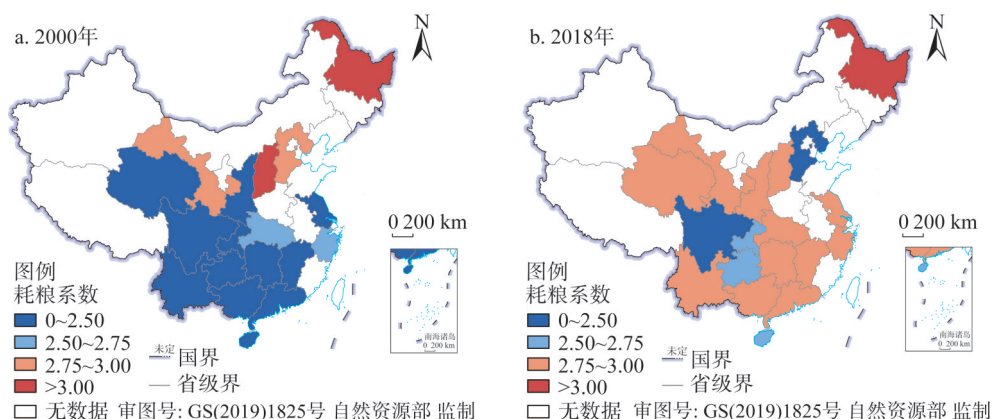


图3 不同饲养规模生猪主产品产量
与饲养天数比值

Fig. 3 Ratios of pig staple production to days
of feeding of different scales



注: 本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作, 底图无修改。

图4 2000年和2018年全规模生猪耗粮系数空间分布

Fig. 4 Spatial distributions of the average grain consumption coefficients in 2000 and 2018

规模耗粮系数的空间分布。表3展示了2018年中国各省份不同规模生猪耗粮系数的数值。由于统计数据中并非所有省份在2000—2018年中均有散养、小规模、中规模和大规模四种规模饲养的情况，为了结果的准确性和统计方便，本文在全规模耗粮系数的计算中仅考虑了2000—2018年具有四种饲养规模的省份。

表3 2018年中国各省份不同规模生猪耗粮系数数值
Table 3 Values of grain consumption coefficients for pig of different scales in different provinces of China in 2018

省（市、自治区）	散养	小规模	中规模	大规模	全规模
平均	2.733	2.799	2.778	2.731	2.758
北京	—	—	2.081	2.484	—
天津	—	—	2.595	2.639	—
河北	2.504	2.468	2.483	2.442	2.472
山西	2.948	2.947	2.966	3.009	2.977
内蒙古	—	3.207	3.056	2.885	—
辽宁	—	2.799	2.788	2.785	—
吉林	—	2.784	2.808	2.825	—
黑龙江	2.887	3.308	3.371	3.371	3.281
上海	—	—	—	2.369	—
江苏	2.745	2.950	2.858	2.809	2.833
浙江	3.369	2.713	2.564	2.557	2.729
安徽	—	—	2.892	2.805	—
福建	2.704	—	3.685	3.114	—
江西	2.676	2.986	2.934	2.897	2.883
山东	—	2.599	2.616	2.543	—
河南	—	2.369	2.337	2.317	—
湖北	2.755	2.987	3.016	2.966	2.916
湖南	2.394	2.958	3.154	3.050	2.849
广东	2.947	2.697	2.868	2.778	2.814
广西	3.376	2.352	2.317	2.384	2.762
海南	2.654	2.523	2.687	2.711	2.641
重庆	2.122	3.200	2.912	2.712	2.595
四川	2.331	2.224	2.266	2.331	2.287
贵州	2.398	2.773	2.712	2.894	2.567
云南	2.987	2.842	2.790	2.847	2.911
西藏	—	—	—	—	—
陕西	2.193	2.971	3.100	2.891	2.769
甘肃	2.945	2.953	2.841	2.777	2.927
青海	2.932	2.702	2.646	2.586	2.822
宁夏	—	2.669	2.733	—	—
新疆	—	—	2.399	2.312	—

注：“—”表示无数据。

2000年全规模耗粮系数呈现“北高南低”的分布，北方地区省份的耗粮系数明显高于南方地区。其中，山西省的全规模耗粮系数高达3.36，其次为黑龙江省（3.34）、甘肃

省(2.90)和河北省(2.47)。中部地区如湖北、江西等省份相对较高。这一现象可理解为生产同样重量的生猪产品,北方地区饲养需要消耗更多的粮食,这可能与北部地区相对寒冷,生猪除生长所需饲料外还需要能量御寒的原因有关。2018年全规模耗粮系数的空间分布出现了较大变化,2000年全规模耗粮系数较高的北方省份的耗粮系数在2018年仍然较高,黑龙江省、山西省和甘肃省依旧为耗粮系数最高的三个省份。而位于中南部的湖北省、云南省和江西省的耗粮系数增长较大,改变了2000年“北高南低”的空间格局。表明生产一单位生猪胴体产品所消耗的原粮数量在北部和中部较高,在东部和西部较低。

从不同规模饲养生猪耗粮系数的空间分布上看,2018年散养生猪的耗粮系数在空间上呈现“南北高,中部低”的格局,小、中、大规模饲养生猪的耗粮系数则呈现“北高南低,中部高东西低”的格局。具体而言,在散养生猪中,北方地区和南方地区的耗粮系数较高,而中部地区相对较低,广西壮族自治区(3.38)、浙江省(3.37)和云南省(2.99)是最高的三个省区。山西省、广东省、甘肃省、青海省和黑龙江省的耗粮系数相对较高。而重庆市(2.12)、陕西省(2.19)和四川省(2.33)则是耗粮系数最低的三个省市。在小规模饲养生猪中,北方地区和中部地区的耗粮系数明显高于中东部和西部地区。黑龙江省(3.31)、内蒙古自治区(3.21)和重庆市(3.20)的耗粮系数最高,其次为湖北省、江西省、陕西省、湖南省、甘肃省和江苏省,四川省(2.22)、广西壮族自治区(2.35)和河南省(2.37)最低。中规模与大规模饲养生猪耗粮系数的空间分布较为类似,二者在黑龙江省、湖南省和福建省的耗粮系数较高,在四川省、广西壮族自治区和河南省较低。此外,内蒙古自治区和陕西省中规模饲养生猪的耗粮系数也处于较高水平。

无论是规模养殖还是散养,其耗粮系数在空间分布上有一个共同点,即东北地区(黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古)的数值较高,该现象的形成可能与寒冷的生长环境有关;而其中南部地区的差异则可能与饲养生猪的品种差异有关,如我国黄河中下游地区主要饲养淮猪、莱芜猪、大耳猪等;西南地区常饲养从江香猪、滇南小耳猪、内江猪等;东南地区主要饲养陆川猪、大花白猪、黄塘猪等。不同品种生猪的料肉比不同,加之受到饲料偏好、生长周期、生长环境、饲养管理方式等因素的影响^[1],导致了不同品种生猪耗粮系数的差异。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文利用《全国农产品成本收益资料汇编》(2001—2019年)和《中国畜牧兽医年鉴》(2003—2018年)计算了2000—2018年全国各省份的散养、小规模、中规模和大规模生猪饲养的耗粮系数及全规模耗粮系数,并对其时空演变特征及潜在原因进行了分析,主要结论如下:

从时间上看,2000—2018年全国散养和小规模饲养生猪的耗粮系数及全规模耗粮系数呈现明显的上升趋势,中规模和大规模饲养生猪的耗粮系数则呈现先减后增的趋势。这与生猪饲养过程中精饲料用量占比增加有关。四个规模饲养生猪耗粮系数的差异逐渐缩小,并逐步达到稳定状态,与精饲料占比和饲养的时间效率趋同和逐步稳定有关。此外,大规模饲养的粮食转化效率和饲养的时间效率均高于其他规模,在实际中应当积极推动生猪的大规模饲养,有效节约粮食资源和时间。

从空间上看,2018年小规模、中规模和大规模饲养生猪的耗粮系数及全规模耗粮系数在空间上呈现“北高南低,中部高东西低”的格局,散养生猪的耗粮系数呈现“南北高,中部低”的格局。北部地区的耗粮系数高主要受到寒冷生长环境的影响,而南方地区的差异则可能与生猪的饲养品种、饲料种类构成等因素有关。

结合上述结论,从节约粮食和提高时间效率的角度出发,大规模养殖均具有绝对优势。因此在生猪饲养发展中应积极推动大规模饲养,通过各类技术手段提高生猪的养殖效率。耗粮系数存在空间差异,决策者在实际制定生猪产业的规划和布局时可以将粮食转化效率考虑在内,结合成本、收益、生态等其他因素进行综合统筹。

3.2 讨论

本文的研究不足主要有两方面:一是在计算规模耗粮系数时采用每户饲养数量的区间中点进行取值,假定了区间内户数按照平均分布,与实际情况有所偏差,在一定程度上影响了测算结果的准确性。二是耗粮系数的时间变化主要由饲料结构即精饲料占比增加引起,而形成空间差异的机制则较为复杂。本文尽可能多地收集了已有数据和相关文献资料成果,试图对形成耗粮系数空间差异的原因进行解释,但受数据限制,并未获得较为令人信服的结论,仅定性认为空间差异可能受到生猪品种、饲料种类构成等因素的影响。这两个问题是后续研究的重点任务。

参考文献(References):

- [1] WANG J Y, ZHANG Z W, LIU Y S. Spatial shifts in grain production increases in China and implications for food security. *Land Use Policy*, 2018, 74: 204-213.
- [2] 罗其友, 米健, 高明杰. 中国粮食中长期消费需求预测研究. *中国农业资源与区划*, 2014, 35(5): 1-7. [LUO Q Y, MI J, GAO M J. Research on forecasting for long-term grain consumption demands in China. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2014, 35(5): 1-7.]
- [3] 辛良杰, 王佳月, 王立新. 基于居民膳食结构演变的中国粮食需求量研究. *资源科学*, 2015, 37(7): 1347-1356. [XIN L J, WANG J Y, WANG L X. Prospect of per capita grain demand driven by dietary structure change in China. *Resources Science*, 2015, 37(7): 1347-1356.]
- [4] 赵莹, 邵一珊. 我国粮食供需的分析与预测. *农业现代化研究*, 2014, 35(3): 277-280. [ZHAO X, SHAO Y S. Analysis and forecast of China's grain supply and demand. *Research of Agricultural Modernization*, 2014, 35(3): 277-280.]
- [5] ZHANG J Z, HE C X, CHEN L, et al. Improving food security in China by taking advantage of marginal and degraded lands. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 171: 1020-1030.
- [6] WANG Y S. The challenges and strategies of food security under rapid urbanization in China. *Sustainability*, 2019, 11(2): 542.
- [7] 周道玮, 刘华伟, 孙海霞, 等. 中国肉品供给安全及其生产保障途径. *中国科学院院刊*, 2013, 28(6): 733-739. [ZHOU D W, LIU H W, SUN H X, et al. Meat supply security and strategy of guaranteeing the production of meat in China. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2013, 28(6): 733-739.]
- [8] 王涛, 吕昌河. 基于合理膳食结构的人均食物需求量估算. *农业工程学报*, 2012, 28(5): 273-277. [WANG T, LYU C H. Estimation of food grain demand per capita based on regional dietary pattern. *Transaction of the CSAE*, 2012, 28(5): 273-277.]
- [9] CUI K, SHOEMAKER S P. A look at food security in China. *Nature Publishing Group*, 2018, (4): 1-2.
- [10] 王明华. 对我国饲料粮供需形势的分析. *调研世界*, 2012, (2): 24-26. [WANG M H. Analysis of feed grain supply and demand situation in China. *The World of Survey and Research*, 2012, (2): 24-26.]
- [11] 马永欢, 牛文元. 基于粮食安全的中国粮食需求预测与耕地资源配置研究. *中国软科学*, 2009, (3): 11-16. [MA Y H, NIU W Y. Forecasting on grain demand and availability of cultivated land resources based on grain safety in China. *China Soft Science*, 2009, (3): 11-16.]

- [12] 陈基军. 中国饲料粮供需变化对未来粮食自给的影响. 中国畜牧杂志, 2012, 48(4): 23-26. [CHEN G J. The impact of China's feed grain supply and demand changes on future grain self sufficiency. Chinese Journal of Animal Science, 2012, 48(4): 23-26.]
- [13] MOTTET A, DE HAAN C, FALCUCCI A, et al. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. Global Food Security, 2017, 14: 1-8.
- [14] 韩昕儒, 陈永福, 钱小平. 中国目前饲料粮需求量究竟有多少. 农业技术经济, 2014, (8): 60-68. [HAN X R, CHEN Y F, QIAN X P. What is the current demand for feed grain in China. Journal of Agrotechnical Economics, 2014, (8): 60-68.]
- [15] 黄季焜, 王济民, 解伟, 等. 现代农业转型发展与食物安全供求趋势研究. 中国工程科学, 2019, 21(5): 1-9. [HUANG J K, WANG J M, XIE W, et al. Modern agricultural transformation and trend of food supply and demand in China. Engineering Science, 2019, 21(5): 1-9.]
- [16] HUANG S L, LIU A M, LU C X, et al. Supply and demand levels for livestock and poultry products in the Chinese mainland and the potential demand for feed grains. Journal of Resources and Ecology, 2020, 11(5): 475-482.
- [17] WANG Z H, ZHANG B, WANG H J, et al. Status of meat consumption patterns of the residents aged 18-59 in 15 provinces (autonomous regions and municipalities) of China in 2015. Journal of Hygiene Research, 2019, 48(1): 1-8.
- [18] HE Y N, YANG X G, XIA J, et al. Consumption of meat and dairy products in China: A review. Proceedings of the Nutrition Society, 2016, 75(3): 385-391.
- [19] 唐华俊, 李哲敏. 基于中国居民平衡膳食模式的人均粮食需求量研究. 中国农业科学, 2012, 45(11): 2315-2327. [TANG H J, LI Z M. Study on per capita grain demand based on Chinese resonable dietary pattern. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45(11): 2315-2327.]
- [20] 封志明. 中国未来人口发展的粮食安全与耕地保障. 人口研究, 2007, 31(2): 15-29. [FENG Z M. Future food security and arable land guarantee for population development in China. Population Research, 2007, 31(2): 15-29.]
- [21] 张绪美, 董元华, 沈文忠. 我国主要畜禽养殖量及饲料粮需求量估算. 饲料研究, 2015, (4): 8-11. [ZHANG X M, DONG Y H, SHEN W Z. Estimation of main livestock and poultry farming volume and feed grain demand in China. Feed Research, 2015, (4): 8-11.]
- [22] 辛良杰, 王立新, 刘爱民. 我国饲料粮区域产销平衡特征及政策启示. 自然资源学报, 2018, 33(6): 965-977. [XIN L J, WANG L X, LIU A M. Regional production and consumption equilibrium of feed grain in China and its policy implication. Journal of Natural Resources, 2018, 33(6): 965-977.]
- [23] 黄泽颖, 郭燕枝, 孙君茂. 种子投入产出效率、饲料粮转化效率与粮食和营养安全. 中国农业科技导报, 2019, 21(11): 17-26. [HUANG Z Y, GUO Y Z, SUN J M. Seed input-output efficiency, feed grain conversion efficiency and food and nutrition security. Journal of Agricultural Science and Technology, 2019, 21(11): 17-26.]
- [24] ZHANG Y Z, TIAN W M, MALCOLM B. Supply and demand estimates for feed grains in China. Agricultural Economics, 2008, 39(1): 111-122.
- [25] 郭华, 蔡建明, 杨振山. 城市食物生态足迹的测算模型及实证分析. 自然资源学报, 2013, 28(3): 417-425. [GUO H, CAI J M, YANG Z S. Modeling for measuring city food footprint with applied empirical analysis. Journal of Natural Resources, 2013, 28(3): 417-425.]
- [26] QIANG W L, LIU A M, CHENG S K, et al. Agricultural trade and virtual land use: The case of China's crop trade. Land Use Policy, 2013, 33: 141-150.
- [27] 辛良杰. 中国大陆可能的膳食消费水平与粮食需求量: 基于中国台湾的历程判断. 中国工程科学, 2018, 20(5): 135-141. [XIN L J. Prediction of food consumption and grain demand in Chinese mainland. Engineering Science, 2018, 20(5): 135-141.]
- [28] 国家发展与改革委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编(2000—2018). 北京: 中国统计出版社, 2000-2018. [Price Department of National Development and Reform Commission. National Agricultural Product Cost and Benefit Data Collection (2000-2018). Beijing: China Statistics Press, 2000-2018.]
- [29] 《中国畜牧兽医年鉴》编辑部. 中国畜牧兽医年鉴(2003—2018). 北京: 中国农业出版社, 2003-2018. [Editorial Office of "China Animal Husbandry and Veterinary Yearbook". China Animal Husbandry and Veterinary Yearbook (2003-2018). Beijing: China Agriculture Press, 2003-2018.]
- [30] 胡向东, 王济民. 我国生猪饲料耗粮量估算及结构分析. 农业技术经济, 2015, (10): 4-13. [HU X D, WANG J M. Estimation and structural analysis of feed consumption for pigs in China. Journal of Agrotechnical Economics, 2015, (10): 4-13.]
- [31] 孙景春. 影响肉猪料肉比的因素及对策. 现代畜牧科技, 2016, (4): 44. [SUN J C. Factors influencing the feed-to-meat

ratio of pigs and their countermeasures. *Modern Animal Husbandry Science & Technology*, 2016, (4): 44.]

- [32] 刘婷, 周扬. 我国不同规模生猪养殖成本效率, 影响因素及区域差异分析. *黑龙江畜牧兽医*, 2020, (14): 22-26. [LIU T, ZHOU Y. Analysis of cost efficiency, influencing factors and regional differences of pig breeding of different scales in China. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2020, (14): 22-26.]

Spatial and temporal variations of grain consumption coefficient of pig in China

LIU Xiao-yu^{1,2}, XIN Liang-jie¹

(1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The production and consumption of pig feed grain have gradually become the primary factor affecting China's food security. The grain consumption coefficient, which is easily influenced by the natural environment and economic conditions, is the core of reasonable estimation of feed grain demand. Therefore, it is important to clarify the spatial and temporal variation characteristics. Accordingly, taking pigs as an example, we measured the spatial and temporal variations of the grain consumption coefficient and the possible causes of different feeding scales in different provinces from 2000 to 2018. The conclusions can be drawn as follows: (1) The grain consumption coefficients of a backyard, small-scale, and the average value of all the scales showed an increasing trend while those of the medium and large scales showed a decreasing and then an increasing trend. (2) The gap between the grain consumption coefficients of different scales was narrowed gradually with the decreasing percentage of concentrated feed costs. (3) The grain conversion efficiency and time efficiency of a large scale were higher than those of other scales. (4) Except for backyard feeding, the grain consumption coefficients of other scales were higher in northern China and lower in southern China while those of the central region of China were higher than the eastern and western regions. The high grain conversion coefficient of consumption in northern China may be due to the fact that pigs need more energy to protect themselves from cold and need to consume more feed, while the differences in southern China may be related to the breed and feed type composition of the pigs. In addition, in order to improve efficiency and save food, it is significant to promote the large-scale pig feeding pattern, to standardize, intensify, mechanize and automate the construction of pig rearing, and to improve the efficiency of pig breeding. Large-scale farming should be distributed in Xinjiang, Qinghai, Sichuan, Guangxi, Hebei, Shandong, and Henan, and over-farming is not recommended in the northeast region as well as Hubei and Hunan. Provinces in the central region, such as Sichuan, Shaanxi, Guizhou, and Hunan, are appropriate for backyard pig farming. To improve feed utilization efficiency, it is advisable to promote large-scale pig breeding.

Keywords: pig farming; grain consumption coefficient; spatial and temporal variations; feeding scale; China