

农产品质量安全内部协调度和耦合度测算及影响因素分析

杨建辉¹, 杨 伦²

(1. 山东农业大学经济管理学院, 泰安 271018; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 在讨论农产品质量安全内涵的基础上, 构建了农产品数量安全 and 质量安全指标体系, 基于熵值法、CRITIC 法、Ganger 因果检验和回归分析等方法, 使用 2005—2018 年中国时序数据, 测度农产品质量安全的耦合度和协调度, 并对农产品质量安全内部协调度的农业要素投入和管制导向影响进行了研究。研究表明: 农产品质量安全内部存在相对单向的扰动, 属于数量安全高于质量安全的非均衡体系; 农产品质量安全内部呈现出高度的内部耦合, 但发展协调度不高; 化学品投入和产业投入对农产品质量安全内部协调发展具有推动作用, 其他要素投入影响不明显; 管制导向对农产品质量安全内部协调度有积极影响, 其中, 农业支持保护补贴和地理标志农产品登记数量的正向影响最大。未来应该通过优化管制效能, 不断提高技术投入等要素的投入效率。

关键词: 农产品质量安全; 扰动; 协调度; Ganger 因果检验; 管制

农产品质量安全问题是全球普遍面临的难题, 尽管当前全球农产品数量整体出现了盈余, 但是农业生产过分依赖于来自于外部补偿, 导致农药残留、重金属超标等补偿后遗症成为农产品质量安全问题的重要致因^[1]。然而, 来自数量安全问题的困扰却并未消失。一方面, 在农业投入管制导向下的外部补偿强化, 加剧了土壤、水体等农业生产本体污染^[2,3], 导致农业本体生产能力下降; 另一方面, 基于对质量安全担忧, 外部补偿逐步减少也会对数量安全产生不利影响, 农产品数量的短期增长保障手段和来自质量安全的管制要求均对农产品数量的长期安全构成威胁。自从 2002 年质量安全首次出现在中央农村工作会议文件中以来, 农产品数量安全与质量安全基本会在同一工作目标中被统筹考量, 体现出两者在农产品质量安全的发展需求方面具有同等价值取向, 农产品质量安全内部协调是农业要素投入管制的重要关注问题。

农业投入要素对农业质量安全的作用毋庸置疑。中国改革开放初期, 家庭联产责任制对生产率的阶段贡献接近 50%, 引起农产品产出高达 42% 的增长, 农产品数量安全得到了有效保证^[4]。“六五”到“九五”的化肥增量管制阶段, 化肥投入的增加快速促进了粮食产量提高, 中国化肥投入对粮食产量增长的贡献一度达到 56%^[5]; 与此同时, 农业化学品投入也对农产品质量安全造成了严重的负面影响^[6]。大致开始于 2004 年的、基于数量安全水平提升的农用机械投入管制, 有效推动了农业发展, 农业机械总动力的增加产

收稿日期: 2020-10-26; 修订日期: 2021-04-16

基金项目: 国家社会科学基金项目 (21BJY133); 国家自然科学基金项目 (42001249)

作者简介: 杨建辉 (1983-), 男, 山东莱州人, 博士, 教授, 主要从事农业生态经济学领域研究。

E-mail: qingfengzi@163.com

通讯作者: 杨伦 (1991-), 男, 陕西汉中, 博士, 助理研究员, 主要从事农业生态经济学领域研究。

E-mail: yanglun@igsnr.ac.cn

生了较明显的粮食增产效果^[7]。无论是为了解决农业生产中的要素投入不足,还是为了完成由于要素稀缺(自然稀缺或管制稀缺)引发的农业投入要素间替代过程,农业要素投入对农产品质量安全内部的某一或某几方面内容造成的影响显而易见。农业发展也越来越多地受到管制导向作用,管制导向对农业要素投入结构和水平变动的影响明显高于自然流动带来的影响,进而推动了农产品质量安全的变动。

当前中国正在同步实施的粮食安全和食品安全两大国家战略,对农产品质量安全的内部均衡提出新的发展要求,农业要素投入以及其管制导向变化对农产品数量和质量安全双目标的影响更加复杂。如何能在“确保谷物基本自给、口粮绝对安全”的同时,做到质量安全的“四个最严”。本文在讨论确定农产品质量安全内涵的前提下,测度了农产品质量安全内部协调度和耦合度,研究了农业要素投入及其管制导向对其的影响,试图对中国农业要素投入管制政策的制定和实施提供依据。

1 农产品质量安全内涵的确定与指标体系的构建

1.1 农产品质量安全内涵的确定

农产品质量安全内涵的发展是从单一认知向多目标耦合的过程,随着人类对农产品需求的不断深化,农产品质量安全概念变化也较为频繁。目前,以三个维度的解释占主流:(1)数量安全、质量安全和发展安全^[8,9]。该类研究认为,安全的内涵在数量上要提供既买得起、又能买得到的食品,在质量上要提供健康卫生、营养结构全面的食品,在发展上要注重资源生态的可持续性。(2)数量安全、质量安全和营养安全^[10]。农产品质量安全的管制要从需求供给能力、有毒物质预防和营养饮食引导三个方面保证安全性,三者具有层进关系。另外,还有其他维度划分的解释,例如,从数量、品质、生态与健康四个安全维度^[11]或从数量、质量、生态环境、经济和资源五个安全维度^[12]等对农产品质量安全进行解释。由于学界对除却数量安全 and 质量安全之外的维度认知上并未达成共识,因此本文不予讨论。但也不难看出,针对在农产品的数量安全内涵上,研究者的争论也还存在。

从中国农产品质量安全管理关注焦点的发展阶段来看,营养安全是现阶段关注的重点似乎无可争论。有研究^[13]在分析中国食品安全演进和愿景时认为,现阶段政府管制导向和学术研究焦点上关注的重点是营养安全。然而,将营养安全作为农产品质量安全的第三维度似乎并不贴切,原因是农产品质量安全关注的营养安全是人体对营养物质需求的反映,而营养物质的需求供给是从具有营养安全内涵的农产品数量供给中体现出来的。有学者^[14]在研究中国食物自给状况时,从农产品数量与营养成分的内在联系出发,构建了营养安全与数量安全的测算体系。这样来看,营养安全反映在供给层面是保证农产品种类多样性下的数量安全,很难将其作为第三维度从数量安全中独立出来,可以视为数量安全的内涵延伸。并且,FAO在首次对农产品数量安全(Food Security)概念进行定义时,其内容“保证任何人在任何时候都能够得到为了生存和健康所需要的足够食物”中“健康”就已经暗含了营养的内涵,营养安全是通过农产品数量安全来体现的^[15]。因此,营养安全应该是数量安全的内涵之一,而且无法分离。本文将营养安全纳入农产品数量安全中,通过种类结构体现营养安全的相关内容。

1.2 指标体系的构建

1.2.1 数量安全指数体系

数量安全指数体系主要从宏观和微观两个尺度度量。粮食供给能力是评价数量安全

的重要内容,根据《全国农业现代化规划(2016—2020年)》目标要求,本文用粮食生产能力和粮食自给率来表征粮食供给保障,来体现宏观层面的数量安全情况。其中,粮食自给率用消费统计法获取,即:

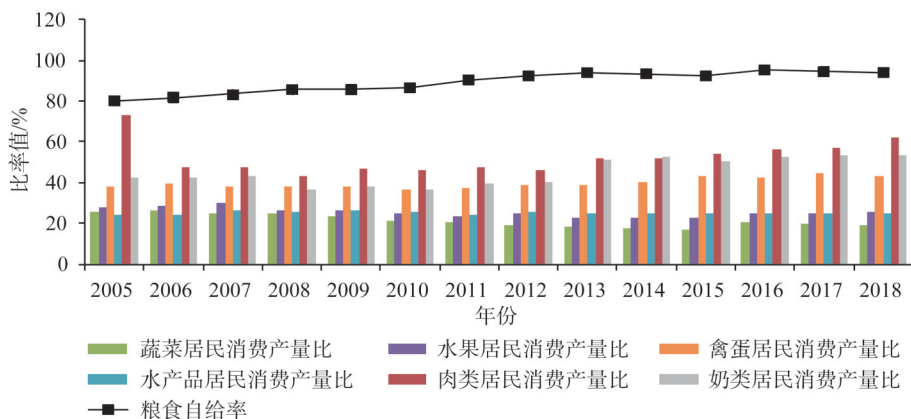
$$S_g = P_g / D_g \times 100\% \quad (1)$$

$$D_g = D_{gd} + D_{gc} + D_{gi} + D_{gs} + D_{gl} \quad (2)$$

式中: S_g 表示粮食自给率(%); P_g 表示粮食总产量(t); D_g 表示粮食总消费(t); D_{gd} 表示直接消费(t),由人均粮食消费量与年末总人口的乘积计算获得; D_{gc} 表示饲料消费量(t),基于农业农村部在《全国生猪生产发展规划(2016—2020年)》中指出,2014年猪肉饲料转化率为2.80:1的基本依据,采用罗其友等^[16]的研究成果中,猪肉(2.80:1)、牛肉(1.00:1)、羊肉(1.00:1)、养殖水产品(0.90:1)、禽肉(2.00:1)、禽蛋(2.00:1)和鲜奶(0.30:1)七类农产品与粮食的转化比获得(括号内为农产品与粮食的转化比); D_{gi} 表示工业消费量(t),表征用于农产品发酵、生物制药、纺织印染等工业生产的粮食消费,由于工业消费量数据不可得,大部分研究均以预测或者测算获得,其中测算一般依据工业产品耗粮系数折算,尽管具有一定的权威性,但是未考虑到非食品工业的消费需求,因此,考虑用研究成果^[17]中6.8%的年均增长率预测; D_{gs} 表示种子消费量(t),利用种子用量与播种面积乘积计算获得; D_{gl} 表示损耗消费量(t),按照研究成果^[18]中2.0%的损耗比例计算。微观层面主要体现消费者对农产品数量的获得情况,即农产品数量的消费量;目前的农产品数量安全指标体系研究^[19]中,大部分研究以农产品的人均产量或占有量为数量安全评价指标,往往忽视了供给与需求匹配,因此,本文选取农产品的居民消费与产量占比来体现数量安全,在农产品种类的选取上,尽量体现出《中国膳食营养指南》中“膳食宝塔”结构中营养要求。从计算结果(图1)上看,居民消费产量比基本呈现出了“U型”曲线,而粮食自给率经过了连续上升之后,从2013年出现了波动。

1.2.2 质量安全指数体系

质量安全指数主要从直接评价和间接评价两个方面体现。现有的研究^[20,21]中,多以农

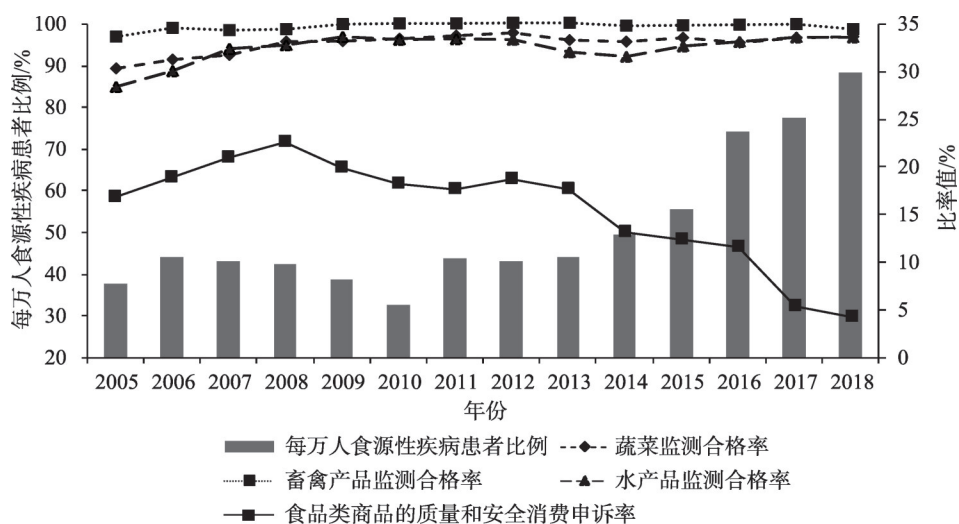


注:根据相应年份的《中国统计年鉴》数据计算获得。

图1 2005—2018年农产品数量安全指数体系

Fig. 1 Index system of agro-product quantity security from 2005 to 2018

产品质量安全抽检合格率、食品中毒率、食源性疾病患者比例等作为质量安全直接评价依据。因此,本文考虑用蔬菜、畜禽和水产品的监测合格率体现质量安全的同时,用食源性疾病患者比例情况,从消费结果上直接表征质量安全状况(图2)。另外,农产品市场是典型的买方市场,消费者对质量安全的间接评价会通过重购行为,反映在农产品市场中,因此,以“食品类商品的质量和安全消费申诉率”表示消费者的间接评价,可以弥补抽检样本量少和非严重性质量问题评价失真的局限。



注:食源性疾病患者比例由《中国卫生健康统计年鉴》相关数据计算获得,蔬菜检测合格率、畜禽产品监测合格率和水产品监测合格率来自相应年份的《中国农业年鉴》,食品类商品的质量和安全消费申诉率由《中国工商行政管理年鉴》相关数据计算获得。

图2 2005—2018年农产品质量安全指数体系

Fig. 2 Index system of agro-product quality security from 2005 to 2018

1.2.3 农业要素投入体系

从2005年以来的中央一号文件中可以得到,为了保证数量质量和质量安全,涉及的农业要素投入主要包括:稳定农产品数量背景下的农业科技投入,粮食增产需求、质量安全和面源污染防治导向下的农用化学品投入,提高数量安全要求下的农业水利投入和农业机械投入,产业带动导向下的农业产业化投入,小农户融合要求和农业创新需要的劳动投入。由于此方面的变量应用较多,因此不做深度分析,具体解释详见表1。

1.2.4 管制导向体系

政府管制导向可以通过影响生产者行为决策对农业要素投入进行管制,从而通过农业生产影响农产品质量安全。本文考虑重点分析以下几种管制导向:(1)支持型管制。政府补贴可以在资源稀缺背景下对农业生产产生重要作用^[22,23],选取对农业投入中的机械投入、科技投入和其他生产投入具有明显导向作用的农机具购置补贴、农业技术推广与服务补助和农业支持保护补贴三项作为支持型管制导向的表征。(2)强制型管制。农产品质量安全管制属于强制型管制内容,会通过准入与退出机制对农产品质量安全产生作用,选取农产品质量安全支出指标用以表征。(3)引导型管制。由于信息不对称的存在,依赖于政府管制的农业生产资料质量状况、质量安全认证体系建设可以对农产品质

表1 指标体系的构建与变量说明
Table 1 Construction of index system and variable description

		变量	单位
数量安全	宏观层面	粮食生产能力	×10 ⁸ t
		粮食自给率	%
	微观层面	蔬菜居民消费产量比	%
		水果居民消费产量比	%
		蛋类居民消费产量比	%
		水产品居民消费产量比	%
		肉类居民消费产量比	%
		奶类居民消费产量比	%
质量安全	直接评价	蔬菜监测合格率	%
		畜禽产品监测合格率	%
		水产品监测合格率	%
		食源性疾病患者占总人口数量比例	%
	间接评价	食品类商品的质量和安全消费申诉率	%
农业要素投入	科技投入	企事业单位农业技术人员数量占就业人员比例	%
	化学品投入	单位播种面积农药使用量	kg/hm ²
	水利投入	有效灌溉率	%
	机械投入	单位播种面积农业机械总动力	kW · h/hm ²
	产业化投入	单位播种面积农业企业法人数量	个/hm ²
	劳动投入	单位播种面积从业人员数量	人/hm ²
管制导向	支持型管制	农机具购置补贴	×10 ⁸ 元
		农业技术推广与服务补助	×10 ⁸ 元
		农业支持保护补贴	×10 ⁸ 元
	强制型管制	农产品质量安全支出	×10 ⁸ 元
	引导型管制	地理标志农产品登记数量	个
		农业生产资料的质量和安全消费申诉率	%

量安全相关内容产生导向作用，选取农业生产资料的质量和安全消费申诉率、地理标志农产品登记数量表征引导型管制。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法

2.1.1 农产品质量安全内部耦合模型

耦合关系通常用来表征两个或几个事物之间的相互影响和相互作用。农产品质量安全的内部耦合度模型可以表示为：

$$C=\left[\frac{\prod_{i=1}^k U_i}{\left(\sum_{i=1}^k U_i/k\right)^k}\right]^{\frac{1}{k}}$$

(3)

式中：*i*表示农产品质量安全子系统，本文包含农产品数量安全和质量安全两个子系统，因此，*k*=2；*U_i*表示质量安全子系统的评价指数，首先对各子系统内正、负向指标进行

甄别,然后用标准化消除量纲影响,再进行计算,具体公式为:

$$U_i = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \omega_{ij} \quad (i=1, 2; j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

式中: λ_{ij} 表示第 i 个子系统的第 j 个变量的权重; ω_{ij} 表示第 i 个子系统的第 j 个变量的效用值。耦合度 $C \in [0, 1]$, C 值越高,农产品质量安全子系统间的耦合度越高,表明子系统间的相互作用越强,即农产品的数量安全与质量安全之间作用越强烈。

耦合度仅可以表征子系统间的相互作用程度,不能表征农产品质量安全系统的协调发展状况,因此,引入协调度进行表征:

$$D = [C \times (\alpha U_1 + \gamma U_2)]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

式中:协调度 $D \in [0, 1]$, D 值越高,说明农产品的数量安全与质量安全的关系统比较和谐;反之,说明农产品的数量安全与质量安全的关系统不够和谐; α 、 γ 代表 U_1 、 U_2 的待定系数,尽管从历年的中央一号文件上看,政府对数量安全与质量安全的关注度已经趋向于同等,但数量安全与质量安全在农产品质量安全状况的重要性并不一定相同,因此, α 和 γ 取值将根据农产品质量安全内部扰动分析结果确定。

2.1.2 农产品质量安全内部扰动模型

子系统间的扰动会对农产品质量安全的协同发展造成影响,这种影响可能会提高数量安全和质量安全系统协同度。那么,存在一种状况: $j \rightarrow U_i$, 表示一个子系统内的变量对另一个子系统的扰动,如果扰动程度较高,则可以表征两个子系统之间的关联程度。

为了分析农产品质量安全内部的相互扰动情况,利用 Granger 因果检验测量数量安全或质量安全子系统内变量对另一子系统的扰动。在最佳滞后期的选择上,通过比较各 AIC 准则和 BIC 准则确定滞后期,一般认为 AIC 和 BIC 真实值最小的模型是最佳模型。

2.1.3 农业要素投入对协调度的影响分析模型

由于农产品质量安全内部协调度的取值范围在 0~1 之间,因变量不是由于截断导致或二值选择概率,那么,首先考虑将因变量进行 $Z = \ln[y/(1-y)]$ 的转换。农业要素投入对农产品质量安全内部协调度影响的回归模型为:

$$\ln \frac{D}{1-D} = \beta_0 + \beta_1 \ln tech + \beta_2 \ln chem + \beta_3 \ln irri + \beta_4 \ln mech + \beta_5 \ln indu + \beta_6 \ln labor + \varepsilon \quad (6)$$

式中: D 代表农产品质量安全内部协调度; β_0 代表常数项; ε 为扰动项; $tech$ 、 $chem$ 、 $irri$ 、 $mech$ 、 $indu$ 和 $labor$ 分别代表科技投入、化学品投入、水利投入、机械投入、产业化投入和劳动投入; $\beta_1 \sim \beta_6$ 代表回归系数。

2.2 数据来源

本文数据为 2005—2018 年。其中,禽肉产量、大豆播种面积、蔬菜产量、水果产量、禽蛋产量、水产品产量、农药使用量来自《中国农村统计年鉴》,水产品养殖产量来自于《中国农业统计资料》,三种粮食种子用粮、大豆种子用粮来自《全国农产品成本收益资料汇编》,农业企业法人数量来自《中国基本单位统计年鉴》,公有企事业单位农业技术人员来自《中国科技统计年鉴》,蔬菜监测合格率、畜禽产品监测合格率、水产品监测合格率、农机具购置补贴、农业技术推广与服务补助、农业支持保护补贴来自《中国农业年鉴》,食源性疾病患者数来自《中国卫生健康统计年鉴》,食品类商品的质量和安全消费申诉率、农业生产资料的质量和安消费申诉率由《中国工商行政管理年鉴》相

关数据计算获得，农产品质量安全支出来自《农业农村部年度部门决算报告》，农业从业人员数来自各省的统计年鉴，其他数据均来自《中国统计年鉴》。支持型管制和强制型管制类变量数据均按照2005年可比价格计算。

3 结果分析

3.1 数量安全与质量安全指数测算

对标准化处理后的数据利用熵值法和CRITIC法计算得到的综合权重（表2），测算出2005—2018年数量安全和质量安全指数（图3）。

尽管2005—2018年中国数量安全指数（图3）从2005年的0.40上升为2018年的0.54，呈现上升态势，但整体上呈波动式“先升后降”的趋势，2011年为转折年份，数量安全指数最高（0.80）。2011年之前呈现出波动性快速上升趋势，这可能得益于2004年

表2 农产品质量安全相关变量的权重

Table 2 Weight of agro-product quality and safety related variables (%)

变量		熵值法	CRITIC法	综合值
数量安全	粮食生产能力	14.45	12.04	13.25
	粮食自给率	11.59	10.59	11.09
	蔬菜居民消费产量比	13.89	10.05	11.97
	水果居民消费产量比	9.48	8.42	8.95
	蛋类居民消费产量比	9.41	13.97	11.69
	水产品居民消费产量比	13.24	15.04	14.14
	肉类居民消费产量比	6.13	10.59	8.36
	奶类居民消费产量比	21.82	19.31	20.57
质量安全	蔬菜监测合格率	15.75	13.05	14.40
	畜禽产品监测合格率	13.32	13.51	13.42
	水产品监测合格率	14.00	14.38	14.19
	食源性疾病患者占总人口数量比例	18.54	33.44	25.99
	食品类商品的质量和消费投诉率	38.38	25.62	32.00

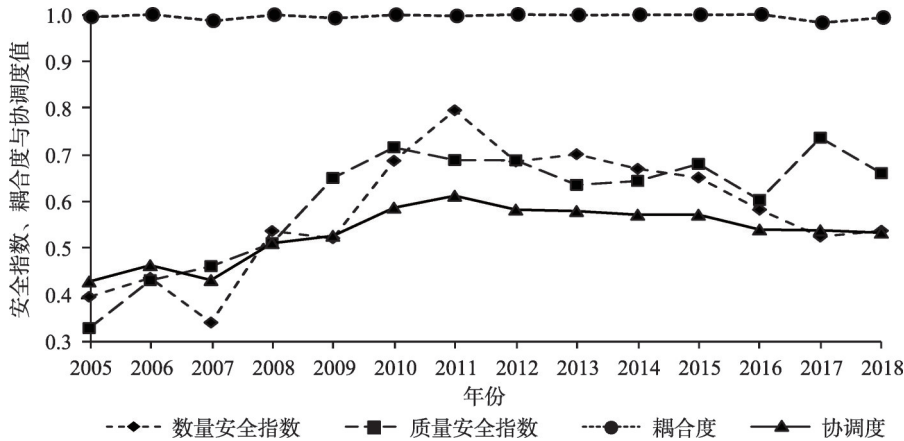


图3 2005—2018年农产品质量安全指数及协调度

Fig. 3 Index and coordination degree of agro-product quality and safety from 2005 to 2018

未开始实施的“三农补贴”，该阶段中国粮食自给率由80.03%上升到90.21%，当然，也存在奶类和肉类产品等具有营养安全内涵农产品的人均消费减少和人均产量的增加，此阶段数量安全指数也出现了全期的最低值0.35（2007年）。2012年开始出现的下降趋势，主要是由于奶类居民消费产量比等开始逐年增加导致，反映出随着农产品营养需求的增加，具有营养安全内涵的农产品供给能力有限，数量安全受到威胁。

质量安全指数于2005—2010年呈现出上升趋势，由0.34（2005年）上升为0.72（2010年），主要由该阶段三项监测合格率持续升高导致。2011—2015年呈现出相对平稳的态势，该时期三项监测合格率达到较高数值之后，保持了高水平的平稳状态。2016—2018年出现了剧烈震荡，于2017年出现了全期最高值（0.74），这主要由生产环节监测合格率的波动以及食源性疾病患者比例持续增加引发，2018年降为0.66。总体上看，质量安全指数于2007—2010年和2015—2018年两个阶段高于数量安全指数，反映出质量安全的发展相对更加稳定。

3.2 农产品质量安全内部扰动分析及协调度待定系数的确定

所有Granger因果检验结果（表3）中，AIC和BIC真实值的最小值出现在不同滞后期的情况，仅有质量安全对数量安全的扰动分析一项。由于 n 大于8时，BIC比AIC的惩罚项更大，BIC更倾向于选择更加简单模型，因此，选择AIC更小的模型。

结果发现，数量安全指数体系中的变量均在显著性为1%条件下是质量安全指数的Granger原因，且最佳滞后期均出现在滞后一期，说明数量安全指数体系中的各变量对质量安全指数的扰动比较明显，反映了上期农产品数量安全状况会对本期质量安全产生较大影响。在质量安全指数体系变量中，仅蔬菜监测合格率和水产品监测合格率在显著性为1%条件下是数量安全指数的Granger原因，最佳滞后期均为滞后一期；畜禽产品监测

表3 农产品质量安全内部扰动

Table 3 Internal disturbance of agro-product quality and safety

数量安全指数体系对质量安全指数的扰动						质量安全指数体系对数量安全指数的扰动					
	最佳滞后期	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	AIC	BIC		最佳滞后期	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	AIC	BIC
粮食综合生产能力	滞后一期	10.10	0.0040	-33.66	-31.97	蔬菜监测合格率	滞后一期	7.62	0.0098	-24.87	-23.18
小麦稻谷自给率	滞后一期	10.63	0.0033	-34.11	-32.41	畜禽产品监测合格率	滞后一期	6.54	0.0152	-23.72	-22.02
蔬菜居民消费产量比	滞后一期	10.40	0.0036	-33.91	-32.22	水产品监测合格率	滞后一期	9.03	0.0057	-26.25	-24.56
水果居民消费产量比	滞后一期	10.20	0.0039	-33.74	-32.05	食源性疾病患者比例	滞后四期	5.97	0.3070	-41.78	-39.06
禽蛋居民消费产量比	滞后一期	10.44	0.0036	-33.95	-32.26	食品类商品的质量和消费投诉率	滞后四期	231.77	0.0508	-78.18	-75.45
水产品居民消费产量比	滞后一期	10.53	0.0035	-34.02	-32.33	质量安全	滞后三期	2.82	0.1676	-27.01	-24.23
肉类居民消费产量比	滞后一期	10.42	0.0036	-33.93	-32.24						
奶类居民消费产量比	滞后一期	10.17	0.0039	-33.72	-32.03						
数量安全	滞后一期	10.32	0.0037	-33.85	-32.15						

合格率和食品类商品的质量和安​​全消费申诉率在显著性为5%条件下是数量安全指数的Granger原因,最佳滞后期分别为滞后一期和滞后四期,而食源性疾病患者比例和质量安全指数均不是数量安全指数的Granger原因。说明农产品质量安全内部存在相对单向的扰动,其中质量安全受到数量安全的扰动较大,而数量安全受到质量安全的扰动主要体现在生产环节。这可能是由于数量安全是食品的基本需求保障,在数量安全失稳时,为了满足基本需求往往会忽视质量安全,这与实际情况是一致的。因此,在协调度求算中,数量安全指数和质量安全指数的待定系数并不相同。

以扰动比例来看,数量安全指数体系对质量安全指数的扰动比例为100%;而质量安全指数体系对数量安全指数的扰动变量比例为66.67%,但食品类商品的质量和安​​全消费申诉率变量的最佳滞后期是滞后四期,对当期数量安全指数的影响有限,且在显著性为5%;另外,滞后一期中的畜禽产品监测合格率也仅在5%条件下显著性,因此,质量安全指数体系对数量安全指数的扰动比例大致为50%。那么,数量安全指数的待定系数 α 值应该被确定为2/3,质量安全指数的待定系数 γ 值为1/3。

3.3 农产品质量安全内部耦合度和协调度测度

利用权重对对应变量进行耦合度测算,并通过待定系数测算农产品质量安全内部协调度(图3)。

从耦合状态上看,2005—2018年数量安全指数与质量安全指数始终处于高度耦合状态,耦合度最低为0.98(2017年),最高值出现在2012年,接近上限取值,说明两者之间的相互作用强烈。但是在协调度上,最高值仅为0.62(2011年),基本属于中等水平协调,反映出尽管农产品质量安全内部具有较高的发展共振,但数量安全与质量安全发展不够协调。具体来看,农产品质量安全内部协调度由最低值的0.44(2005年)提高到2018年的0.54,以2011年为转折年份,可以划分为“快速上升”和“缓慢下降”两个阶段,两个阶段分别具有均衡性和不均衡性的趋势,2011年后农产品质量安全内部受到的不均衡性发展影响,导致2005—2011年原有的数量安全与质量安全的协调发展状况发生扭转。这可能是由于受到了经济因素或管制导向的影响,由于阶段划分与数量安全指数阶段划分一致,受到数量安全影响的可能性比较大。

3.4 农业要素投入及管制导向对协调度的影响

3.4.1 农业要素投入对协调度的影响分析

首先,就农业要素投入对协调度的影响进行怀特检验, $p=0.3738$,不存在异方差;同时,检验发现不存在自相关,进行回归分析。为了对比农业要素投入对农产品质量安全内部协调度的影响,分别以数量安全指数($Quan$)和质量安全指数($Qual$)的转换值作为因变量,进行回归分析(表4)。

结果显示:(1)科技投入对协调度呈负向影响,并在5%水平下显著。表明科技投入的增加不利于协调度的提高,这与相关研究成果^[24]认为的农业科技创新是在完成资源环境约束条件下要素投入驱动的替代目标有关,农业科技投入在完成农业增产、农村繁荣和农民增收的任务时,并未考虑农产品质量安全内部协调发展内容,该结论在科技投入对质量安全指数呈现出负向显著影响结果上也可以得到。(2)化学品投入对协调度的影响呈现出正向、低显著性。表明农药投入对农产品质量安全内部协调度发展具有较弱的推动作用,农药使用量对质量安全指数显示出了强烈的正向影响结果。值得注意的是,化学品投入对数量安全未呈现出显著性,这是由于近年来随着对化学品投入减量的强制

表4 农业要素投入的描述性统计及回归结果

Table 4 Descriptive statistics and regression results of agricultural factor input

变量	平均值	标准差	最小值	最大值	模型1 (协调度)	模型2 (数量安全指数)	模型3 (质量安全指数)
$\ln D/(1-D)$	0.1591	0.2301	-0.2592	0.4744	—	—	—
$\ln \text{Quan}/(1-\text{Quan})$	0.3475	0.5509	-0.6254	1.3673	—	—	—
$\ln \text{Qual}/(1-\text{Qual})$	0.4511	0.5050	-0.6769	1.0400	—	—	—
$\ln \text{tech}$	3.3030	0.1611	3.0498	3.5123	-3.0257** (-2.59)	-7.6303 (-1.44)	-7.6567* (-2.21)
$\ln \text{chem}$	4.6556	0.0658	4.5071	4.7163	1.6275* (2.17)	3.3115 (1.22)	6.4390*** (3.85)
$\ln \text{irri}$	-0.9531	0.0405	-1.0387	-0.8879	-4.1640** (-2.43)	-13.8273** (-2.93)	-3.9975 (-1.48)
$\ln \text{mech}$	7.0103	3.4250	-1.0766	8.6187	0.0075 (1.64)	0.0388 (1.74)	-0.0491** (-3.26)
$\ln \text{indu}$	1.3439	1.8591	-2.1186	3.1827	0.1841* (2.11)	0.4717 (1.64)	0.1763 (1.18)
$\ln \text{labor}$	0.4830	0.1972	0.2305	0.7658	-2.4130 (-1.66)	-6.2958 (-0.97)	-6.9864 (-1.60)
常数项	—	—	—	—	-0.5274 (-0.25)	-0.9112 (-0.09)	-4.5657 (-0.69)
R^2	—	—	—	—	0.9187	0.8182	0.8233

注：*、**和***分别表示在10%、5%和1%水平下显著，括号中为t值，表征该变量的显著程度，下同。

管制，在农业持续增长的同时，2013年开始农药使用强度开始逐年下降，2018年(90.66 kg/hm²)已经明显低于2005年(93.93 kg/hm²)，与农业增长已经呈现出脱钩状态，这与相关研究结论^[25,26]保持一致。(3) 农业水利投入对协调度具有负向的中度显著影响。说明当前阶段的有效灌溉率对农产品质量安全内部协调发展起到了阻碍作用，而水利投入对数量安全指数呈现的负向影响更加明显，这是由于农产品数量安全体系包含了营养安全的内涵，而表征高营养农产品的居民消费产量比呈现出持续增长的趋势，而基于耕地生产本体的粮食居民消费产量比呈现出持续降低的趋势(图1)，因此有效灌溉率对农产品数量安全呈负向影响。(4) 农业产业投入对于协调度呈低显著影响，影响方向为正向。说明农业产业投入有利于农产品质量安全内部协调发展，可能是由于当前农业产业发展体现出农业高质量发展内容，在农业增产和质量保障方面显示出了同向作用。(5) 农业机械投入和劳动力投入影响的显著性不强。

3.4.2 管制导向对协调度的影响分析

管制导向是本文关注的另一个重点，由于与农业要素投入影响的传导机制有所不同，因此进行单独分析。用农机具购置补贴($\ln \text{subm}$)、农业技术推广与服务补助($\ln \text{subt}$)、农业支持保护补贴($\ln \text{subs}$)、农产品质量安全支出($\ln \text{exps}$)、地理标志农产品登记数量($\ln \text{geog}$)、农业生产资料的质量和消费安全申诉率($\ln \text{prop}$)对转换后的因变量进行回归分析(表5)。

结果发现，整体上管制导向对农产品质量安全内部协调度的影响明显。(1) 支持型管制导向中，农机具购置补贴和农业支持保护补贴分别呈现出中度和高度显著影响，均为正向作用。其中，农机具购置补贴同时对协调度和质量安全指数的提高产生了积极作

表5 管制导向的描述性统计及回归结果
Table 5 Descriptive statistics and regression results of regulation

变量	平均值	标准差	最小值	最大值	模型4 (协调度)	模型5 (数量安全指数)	模型6 (质量安全指数)
lnsubm	4.2597	2.3148	0.0000	5.8081	0.2817** (2.50)	0.7968 (1.77)	0.7349** (2.55)
lnsubt	4.0002	0.8495	2.4849	5.1828	-0.0063 (-0.05)	-0.0277 (-0.06)	-0.4186 (-1.27)
lnsubs	6.3472	1.8769	0.0000	7.4020	0.0525*** (3.79)	0.1402*** (4.95)	0.0522 (0.95)
lnexps	1.5600	0.4398	0.2305	0.7658	-0.8053*** (-3.59)	-2.5292** (-2.90)	-1.0486 (-1.44)
lngeog	4.2142	2.3148	0.0000	5.8081	0.0630*** (3.81)	0.1762*** (5.21)	0.0207 (0.35)
lnprop	-0.5092	0.1480	-0.8675	-0.3172	0.6984** (2.43)	2.3863** (2.41)	-1.1289 (-1.13)
常数项	1.5600	0.4398	0.2305	0.7658	-0.0020 (-0.01)	0.5925 (0.77)	-0.3867 (-0.78)
R ²	—	—	—	—	0.9690	0.9195	0.9041

用，农机具购置补贴属于对农机具投入数量的购买激励，不包括对农业机械化投入效率的激励，随着农机具的饱和，农机具购置补贴对农产品数量安全指数的影响作用逐渐变弱，这与相关研究结果^[27]是一致的；而农业支持保护补贴为同时对协调度和数量安全指数产生积极影响，表明政府对于农产品内部安全的协调发展具有重要的推动作用，主要是由于对数量安全指数的强烈推动以及对质量安全指数的同向推动；农业技术推广与服务补助未产生显著影响，这可能与该项补贴存在冗余有关。（2）农产品质量安全支出呈现出了负向、高显著影响，值得注意的是，其对数量安全指数也产生了高显著性的负向影响，可能是因为当前的质量安全管制体系对数量安全起到了阻碍作用，这与农产品质量安全内部扰动的分析结果是一致的，农产品质量安全支出对质量安全指数影响不够显著，表明该项支出在主要功能上处于低效运转阶段。（3）引导型管制中的地理标志农产品登记数量对协调度产生了十分积极的影响，说明具有信息对称内涵的农产品品牌建设同时推动了食品数量和质量的发展，其对数量安全指数的影响更加显著；农业生产资料的质量和消费申诉率也呈现出正向的中显著性，表明政府在农业投入要素管制的强化，能够引导协调度的提高，尤其是表现在数量安全指数层面。

4 结论与建议

4.1 主要结论

本文通过讨论农产品质量安全的内涵，构建了农产品数量安全和质量安全指标体系，基于2005—2018年中国时序数据，利用熵值法、CRITIC法、Ganger因果检验和回归分析等方法，测度了农产品质量安全内部的耦合度和协调度，并对协调度的农业要素投入和管制导向影响进行了研究。主要结论有：

（1）Granger因果检验发现，农产品质量安全内部存在相对单向的扰动，质量安全受到数量安全的扰动较大，最佳滞后期均出现在滞后一期，反映出本期质量安全会受到上

期数量安全状况的影响,而数量安全受到质量安全的扰动主要体现在生产环节。农产品质量安全体系内部属于数量安全高于质量安全的非均衡体系,待定系数比值为2:1。

(2)农产品质量安全内部呈现出高度的内部耦合,最低值都高达0.98,数量安全与质量安全相互作用强烈。但协调度的最高值仅为0.62(2011年),在中等协调程度附近波动。以2011年为转折年份,可以划分为“快速上升”和“缓慢下降”两个阶段,与数量安全指数阶段划分一致,受到数量安全破平衡发展影响的可能性较大。

(3)农业要素投入作为影响因素进行回归分析发现,化学品投入和产业投入对农产品质量安全内部协调发展具有推动作用,在10%水平下显著,农药减量化过程和农业产业化过程在对农业增产和质量保障影响上达到一致。科技投入和水利投入阻碍了数量安全和质量安全的协调发展。机械投入和劳动力投入的影响不明显。

(4)整体上管制导向对农产品质量安全内部协调度的影响明显。引导型管制(地理标志农产品登记数量、农业生产资料的质量和消费申诉率)以及支持型管制导向中的农机具购置补贴和农业支持保护补贴对协调度均具有较强的推动作用。强制型管制(农产品质量安全支出)阻碍了农产品质量安全内部协调和数量安全发展,并在对质量安全的推动上存在冗余。

4.2 政策建议

(1)明确数量安全内涵,确保粮食安全稳定。数量安全评价是农业生产的重要导向,要厘清营养安全与数量安全中农产品结构的关系,以便对农业结构调整做出正确预判和政策调整。面对居民消费对高营养农产品类别需求的增长,采用种植补贴手段,及时调整种植结构,并注意加大进口量和储存量。目前,粮食在绝对自给附近波动较大,通过实施政府收储的弹性政策机制,保证农民的种粮积极性。

(2)重视农产品质量安全内部关系,提升数量与质量协调度。面对农产品质量安全内部的高度耦合,要确立农产品质量安全的全局观,将农产品数量和质量统筹考虑。找准质量安全管制目标,通过优化财政支出,提高质量安全水平;加大以地理标志农产品为代表的农产品品牌建设投入和扶持,增加加载营养特色、口感品质等内容的新型标志,推动目标兼顾的“三品一标”认证系统升级,不断完善农产品信息对称体系建设。

(3)提高要素投入效率,促进农业高质量发展。当前农业发展中存在投入冗余问题,重视要素投入效率已刻不容缓。农业机械化投入要转为质量投入评价,而非数量投入评价,尽快调整农机具补贴的重点部位,不仅会对农业发展产生持续推进作用,也会减少由于农业机械投入增加引发的大气污染。继续加大对农业生产资料等农业投入品质量的管制力度,并加快实施农业生产资料“优质+高效”品牌的推广计划,确保高质量投入,高效率生产。

(4)制定管制评价体系,优化管制效能。精准农业技术推广与服务补助的管制目标,完善农业生产和农业要素投入资源配置保障的管制引导机制,减少政府补贴的冗余,探索适合当前农产品质量安全内涵发展需求的脱钩补贴与挂钩补贴相结合的补贴方式。建立对管制引导性政府支出的效能评价机制,根据效能结果调整支出数额、目标等内容。

参考文献(References):

- [1] YANG J, LIN Y. Driving factors of total-factor substitution efficiency of chemical fertilizer input and related environmental regulation policy: A case study of Zhejiang province. *Environmental Pollution*, 2020, Doi: 10.1016/j.envpol.2020.114541.
- [2] 梁志会,张露,刘勇,等.农业分工有利于化肥减量施用吗?基于江汉平原水稻种植户的实证. *中国人口·资源与环境*

- 境, 2020, 30(1): 150-159. [LIANG Z H, ZHANG L, LIU Y, et al. Is the agricultural division of labor conducive to the reduction of fertilizer input? Empirical evidence from rice production households in the Jiangnan Plain. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(1): 150-159.]
- [3] LI C. China's economic growth prospects: From demographic dividend to reform dividend. *Asian Pacific Economic Literature*, 2017, 31(1): 93-94.
- [4] LIN J. Rural reforms and agricultural growth in China. *American Economic Review*, 1992, 82(1): 34-51.
- [5] 王祖力, 肖海峰. 化肥施用对粮食产量增长的作用分析. *农业经济问题*, 2008, (8): 65-68. [WANG Z L, XIAO H F. Analysis of chemical fertilizer on the growth of grain output. *Issues of Agriculture Economy*, 2008, (8): 65-68.]
- [6] 庄国泰. 我国土壤污染现状与防控策略. *中国科学院院刊*, 2015, 30(4): 477-483. [ZHUANG G T. Current situation of national soil pollution and strategies on prevention and control. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2015, 30(4): 477-483.]
- [7] YANG J, HUANG Z, ZHANG X, et al. The rapid rise of cross-regional agricultural mechanization services in China. *American Journal of Agricultural Economics*, 2013, 95(5): 1245-1251.
- [8] 卢良恕. 新时期我国农业结构战略性调整与粮食安全. *中国食物与营养*, 2002, (4): 1-4. [LU L S. Strategic adjustment of agricultural structure and food safety in China in the New Era. *Food and Nutrition in China*. 2002, (4): 1-4.]
- [9] 祝捷, 谢源瀚. 中国食品安全综合评价: 2008—2013. 宏观质量研究, 2015, 3(2): 99-111. [ZHU J, XIE Y H. China's food safety comprehensive evaluation: 2008-2013. *Journal of Macro-quality Research*, 2015, 3(2): 99-111.]
- [10] HANNING I B, BRYAN C A O, CRANDALL P G, et al. Food safety and food security. *Nature Education Knowledge*, 2012, 3(10): 9, <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/food-safety-and-food-security-68168348/>.
- [11] 胡岳岷, 刘元胜. 中国粮食安全: 价值维度与战略选择. *经济学家*, 2013, (5): 50-56. [HU Y M, LIU Y S. Food security in China: Value dimension and strategic choice. *Economist*, 2013, (5): 50-56.]
- [12] 崔明明, 聂彩虹. 基于指标评价体系的我国粮食安全演变研究. *中国科学院院刊*, 2019, 34(8): 910-919. [CUI M M, NIE C H. Study on food security in China based on evaluation index system. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences* 2019, 34(8): 910-919.]
- [13] 张蓓, 马如秋, 刘凯明. 新中国成立70周年食品安全演进、特征与愿景. *华南农业大学学报: 社会科学版*, 2020, 19(1): 88-102. [ZHANG B, MA R Q, LIU K M. Food safety evolution, features and vision in the 70 years since the founding of new China. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2020, 19(1): 88-102.]
- [14] 李国景, 陈永福, 焦月, 等. 中国食物自给状况与保障需求策略分析. *农业经济问题*, 2019, (6): 94-104. [LI G J, CHEN Y F, JIAO Y, et al. Research on Chinese food self-supply situation and assurance demand strategy. *Issues of Agriculture Economy*, 2019, (6): 94-104.]
- [15] FAO, IFAD, WFP. The state of food insecurity in the world 2015: Meeting the 2015 international hunger targets: Taking stock of uneven progress. Rome, Italy: FAO, 2015.
- [16] 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.]
- [17] 杨明智, 裴源生, 李旭东. 中国粮食自给率研究: 粮食、谷物和口粮自给率分析. *自然资源学报*, 2019, 34(4): 881-889. [YANG M Z, PEI Y S, LI X D. Study on grain self-sufficiency rate in China: An analysis of grain, cereal grain and edible grain. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(4): 881-889.]
- [18] 姚成胜, 李政通, 黄琳. 20世纪90年代以来河南省食物资源安全状况评价. *干旱区资源与环境*, 2015, 29(6): 25-31. [YAO C S, LI Z T, HUANG L. Food security evaluation of Henan province since 1990s. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2015, 29(6): 25-31.]
- [19] JOANNA B U, CISSE J D, BARRETT C B. Food security as resilience: Reconciling definition and measurement. *Agricultural Economics*, 2016, 47(s1): 135-147.
- [20] JACXSENS L, UYTENDAELE M, DEXLIEGHERE F, et al. Food safety performance indicators to benchmark food safety output of food safety management system. *International Journal of Food Microbiology*, 2010, 141(31): 181-184.
- [21] MARCEL L D A, RAFAELA R R, NARALIA A, et al. Knowledge and risk perceptions of foodborne disease by consumers and food handlers at restaurants with different food safety profile. *Food Research International*, 2019, 121: 845-853.
- [22] ERJAVEC E, LOVEC M. Research of European Union's common agricultural policy: Disciplinary boundaries and beyond. *European Review of Agricultural Economics*, 2017, 44(3): 732-754.
- [23] 许庆, 陆钰凤, 张恒春. 农业支持保护补贴促进规模农户种粮了吗? 基于全国农村固定观察点调查数据的分析. *中国农村经济*, 2020, (4): 15-33. [XU Q, LU Y F, ZHANG H C. Have agricultural support and protection subsidies en-

- couraged large-scale farmers to grow grain? An analysis based on data from fixed observation points of the ministry of agriculture and rural affairs in China. *Chinese Rural Economy*, 2020, (4): 15-33.]
- [24] 李兆亮, 罗小锋, 张俊飏, 等. 农业 R&D 投入、空间溢出与中国农业经济增长. *科研管理*, 2020, 41(9): 268-277. [LI Z L, LUO X F, ZHANG J B, et al. Agricultural R&D investment, spatial spillover and agricultural economic growth in China. *Science Research Management*, 2020, 41(9): 268-277.]
- [25] 杨建辉. 农业化学投入与农业经济增长脱钩关系研究: 基于华东 6 省 1 市数据. *自然资源学报*, 2017, 32(9): 1517-1527. [YANG J H. Research on decoupling relationship between agricultural chemical inputs and agricultural economic growth: Based on the data of six provinces and one city in East China. *Journal of Natural Resources*. 2017, 32(9): 1517-1527.]
- [26] 栾江, 马瑞, 李浩, 等. 1998—2013 年中国主要农作物化肥消费的脱钩分析. *农林经济管理学报*, 2015, 14(5): 460-466. [LUAN J, MA R, LI H, et al. Decoupling analysis between fertilizer consumption and crop production in China during 1998-2012. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2015, 14(5): 460-466.]
- [27] 薛超, 史雪阳, 周宏. 农业机械化对种植业全要素生产率提升的影响路径研究. *农业技术经济*. 2020, (10): 87-102. [XUE C, SHI X Y, ZHOU H. Influence path of agricultural mechanization on total factor productivity growth in planting industry. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2020, (10): 87-102.]

Influence of agricultural factor input regulation on internal disturbance and coupling of agro-product quality and safety

YANG Jian-hui¹, YANG Lun²

(1. School of Economics and Management, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: On the basis of discussing the connotation of agro-product quality and safety, this paper constructs an index system of agro-product quantity safety and quality safety. Based on the methods of weight calculation and Ganger causality test, this paper analyzes the internal disturbance and coupling status of agro-product quality and safety by using China's time series data from 2005 to 2018, and examines the impact of agricultural factor input and regulation on the internal coordination degree of agro-product quality and safety. The results show that, firstly, there is a relatively unidirectional disturbance in agro-product quality and safety, and the internal system of agro-product quality and safety belongs to the unbalanced system in which the level of quantity safety is higher than that of quality safety; secondly, the internal coupling degree of agro-product quality and safety is high, but that of development coordination is not; thirdly, the chemical input and industrial input have a promoting effect on the internal coordinated development of agro-product quality and safety; fourthly, regulation has a positive impact on the internal coordination degree of agro-product quality and safety, and the positive impact of agricultural support and protection subsidies and the number of registrations of Agro-Product Geographical Indications is the largest. In the future, we should improve the input efficiency of technology input and other elements by optimizing the control efficiency.

Keywords: agro-product quality and safety; disturbance; coordination degree; Ganger causality test; regulation