Journal of System Simulation

Volume 30 | Issue 4 Article 17

1-4-2019

# Decision-making Simulation of Farmers' Safe Production Behavior

Cui Li
*Business School, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;*

Liping Luo
*Business School, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;*

Follow this and additional works at: https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal

Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

# Decision-making Simulation of Farmers' Safe Production Behavior


## Abstract

Abstract: Farmers' production behavior is the source of quality and safety of agricultural products,and the primary task to control the quality and safety of agricultural products is to research the factors affecting farmers' behavior for safe production. *We explored the factors influencing farmers' decision-making for safe production behavior based on the theory of planned behavior and established the model of farmers' decision-making for safe production behavior based on cost-benefit theory*. *The model which was simulated and analyzed revealed the specific impact on farmers' safe production behavior decision from every influence factor in the quantitative point of view*. Results of Netlogo simulation show that *farmers' decision-making for safe production is affected by education level of farmers, production volume, participation in production organization and government regulation including punishment policy and supervision sampling rate.*



## Keywords

agricultural products, quality and safety, farmers behavior, Netlogo simulation

## Recommended Citation

Cui Li, Luo Liping. Decision-making Simulation of Farmers' Safe Production Behavior[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(4): 1347-1360.



This paper is available in Journal of System Simulation: https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal/vol30/iss4/17

第 30 卷第 4 期 系统仿真学报© Vol. 30 No. 4
2018 年 4 月 Journal of System Simulation Apr., 2018

# 农户安全生产行为决策仿真研究

崔丽，罗丽平
(北京工商大学商学院，北京 100048)

**摘要：**农户安全生产是农产品质量安全的源头，研究影响农户安全生产行为决策的因素是控制农产品质量安全的首要任务。根据计划行为理论探讨影响农户安全生产行为决策的因素，通过成本-收益理论构建农户安全生产行为决策模型，对模型进行仿真分析，从定量化的角度揭示了各因素对农户安全生产行为决策的具体影响。Netlogo 仿真结果表明农户受教育水平、政府惩罚方式与力度、参加生产组织与否、生产规模和农产品抽检率等因素均对农户安全生产行为决策有显著影响。

**关键词：**农产品；质量安全；农户行为；Netlogo 仿真
中图分类号：TP391.9 文献标识码：A 文章编号：1004-731X (2018) 04-1347-14
DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804017

## Decision-making Simulation of Farmers' Safe Production Behavior

*Cui Li, Luo Liping*
(Business School, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Farmers' production behavior is the source of quality and safety of agricultural products，and the primary task to control the quality and safety of agricultural products is to research the factors affecting farmers' behavior for safe production. *We explored the factors influencing farmers' decision-making for safe production behavior based on the theory of planned behavior and established the model of farmers' decision-making for safe production behavior based on cost-benefit theory. The model which was simulated and analyzed revealed the specific impact on farmers' safe production behavior decision from every influence factor in the quantitative point of view.* Results of Netlogo simulation show that *farmers' decision-making for safe production is affected by education level of farmers, production volume, participation in production organization and government regulation including punishment policy and supervision sampling rate.*

**Keywords:** agricultural products; quality and safety; farmers behavior; Netlogo simulation

## 引言

随着我国经济发展和生活水平的提高，人们对食品安全的关注度愈发攀升，农产品质量安全成为社会各界关注的热点和焦点。近年来，农产品质量安全形势总体平稳向好，农产品合格率保持稳定提升趋势，但农产品合格率提升幅度不大，且农产品安全事故屡禁不止，农产品质量安全问题仍是我国当前需要解决的首要难题[1]。农产品的质量安全检测是检测农产品是否合格的必经途径，优化其检测数据的分析方法对评估农产品是否合格有极大的帮助[2-3]，但是，农产品的质量安全检测仅仅是农产品质量安全控制中的一环，并非源头。因此，欲使农产品质量安全控制的效果更佳，需要从农产品

收稿日期：2017-04-06 修回日期：2017-06-07;
基金项目：国家科技支撑计划“十二五”农村领域国家科技计划(2015BAD18B01)，国家社会科学基金(15BGL202)，科技部科技支撑项目(2015BAD18B05-04);
作者简介：崔丽(1977-)，女，河北保定，博士，副教授，研究方向为农产品质量安全、供应链管理。



Published by Journal of System Simulation, 2018 

Journal of System Simulation, Vol. 30 [2018], Iss. 4, Art. 17



源头进行质量安全控制。通常，我国频发的农产品质量安全事件多是由农户生产过程中不合理的生产行为引起的。因此，研究农户的生产行为具有重大意义，这对从源头控制农产品质量安全起到指导性作用[4]。

农户是我国农产品生产的主体，影响其安全生产行为决策的因素主要包括个人因素、心理因素、经济因素、社会因素等，这些因素共同作用于农户，影响其安全生产行为。其中，个人因素中的农户禀赋是影响农户生产行为的内驱力[5-7]。农户禀赋主要是由受教育程度及所受到的培训决定的。农户受教育程度越高，生产出来的农产品质量越好[8]；所接受的培训会直接影响农产品质量安全，呈正向影响[9]。通常，农户接受培训的机会来自生产组织或国家。国家通过政策与生产组织培训农户，指导、约束农户进行安全生产。生产组织能给予农户帮助与指导，提高生产组织的组织化程度能够有效从生产源头上提升农产品质量水平[10]。农户参加产业链组织，其生产规范化、标准化、规模化，净收入增加，这会促使农户选择安全生产[11-13]。养殖业、水果业、蔬菜业等不同农产品领域合作组织的成功案例均证实了农民合作组织对农产品质量管理有重要作用[14]，但是，不同生产组织的规模与专业化程度也会影响农户的安全生产行为决策[10-15]。

同时，农户是理性的主体，其生产行为是可控的，政府可以对其进行监管，媒体监督也可以对其形成强有力的舆论压力[16]。目前，在研究农户安全生产行为的影响因素时，许多学者从社会的角度进行分析探讨，也均考虑了政府因素，如与食品安全有关的法制法规、安全管理体系、监管监测与控制程序等 [17-22]。但是，由于对农产品质量安全法规的认知存在偏好、农产品质量安全法规的宣传不到位、农户生产行为的选择存在路径依赖性和农产品质量安全法规的执行效果不好等原因，导致出现农户缺乏对农产品质量安全法规的了解和农产品质量安全政策的执行效果较差等诸多问题[23]，进而导致农户生产行为中存在较大的安全风险。

以上相关研究证明了农户禀赋、生产组织模式、生产规模和政府规制等因素确实对农户安全生产行为有重要影响，但是，这些研究多是对其中一个或两个因素进行研究，只有部分人将这几个因素综合起来进行研究，且缺乏定量分析。因此，在前人研究的基础上，本文将上述四种主要影响因素综合起来，结合计划行为理论，采用定量分析的方法，并运用 Netlogo 仿真平台进行模拟，旨在为研究农户安全生产行为这一领域提供一个新的视角。

# 1 模型选择与假设

## 1.1 理论依据

本文基于计划行为理论(Theory of Planned Behavior，TPB)对农户安全生产行为决策的影响因素进行研究。计划行为理论是由 Ajzen 于 1988 年在理性行为理论(Theory of Reasoned Action，TRA)的基础上提出的。理性行为理论是美国学者 Fishbein 和 Ajzen 于 1975 年提出的，该理论认为人的行为意向主要由行为态度和主观准则决定，其基本假设是人具有理性，且能够控制自己的行为，当个体做出某一行为时会综合考虑各种信息来判断自身行为带来的意义和后果，从而判断是否采取该行为。计划行为理论则认为在组织环境下，个体行为还会受到管理干预以及外部环境的制约。因此，行为意向除了取决于态度和主观准则之外，还会受到感知行为控制的影响，该理论的基本假设是人具有理性，能够控制自己的行为，且个体能够感受到外部制约因素对自己的行为带来何种后果。因此，当个体做出某一行为时会综合考虑各种信息来判断自身行为带来的意义和后果，从而判断是否采取该行为。TPB 认为人的行为是经过深思熟虑的计划的结果，见图 1。其中，所有实线箭头所指的关系为理性行为理论；加入虚线箭头后所指的关系为计划行为理论。



https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal/vol30/iss4/17
DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804017

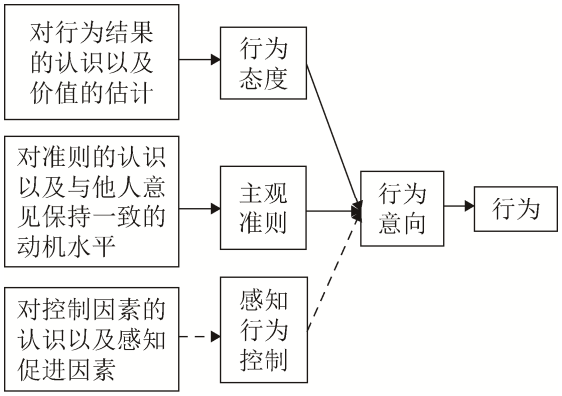



图 1 理性行为理论(TRA)及计划行为理论(TPB)
Fig.1 Theory of rational action and theory of planned behavior

根据计划行为理论，农户的生产行为受到行为态度、主观准则和感知行为控制三类因素的影响。因此，在选择农产品种类以及生产方式及方法时，农户通常会以效用最大化为前提做出相关决策。同时，农户具有很强的从众心理，其生产行为除了受自身生产认知与经验的影响，还会受到周围农户的影响。另外，农户的生产行为往往还会受到外界的约束和控制，比如农业生产组织的制度和规范、政府对不安全生产行为的惩罚等都在一定程度上影响了农户的行为决策。

根据前人的研究成果及实际情况，农户本身的态度主要是由农户的受教育水平、生产规模决定的。农户受教育水平越高，选择安全生产的可能性越大。从理性行为的角度来看，受教育水平越高的农户，越能够感知不安全生产带来的危害，具有较高的自控力。农户生产规模的大小会直接影响农户的收益，是农户选择何种生产行为的重要影响因素。其中，农户的受教育水平属于定性指标，无法直接量化到成本收益模型中，因此，在模型仿真部分将进行模拟量化分析。农户的主观准则受到生产组织模式的影响。生产组织(如农民合作社)作为农户的经济组织，不仅能有效解决农产品生产的分散性和外部性，而且有利于加强农户与农户、农户与企业之间的信息沟通，节约农户的生产成本，形成规模效益，并有利于降低农产品质量安全风险。参加生产组织后，农户能接收到比其独立生产时更多的信息，会对其准则的认知产生影响，使其保持与他人一致的动机水平。换言之，参与生产组织会对农户的主观准则产生影响，并影响其生产态度，进而影响其生产行为。另外，农户生产行为还受感知行为这一控制因素影响，主要通过消费者安全认知和政府规制表现出来。消费者对农户的影响主要通过安全认知意识表现，消费者安全认知水平越高，对安全农产品需求越高，越能促进政府部门加强监管。政府通过抽检、惩罚等手段影响农户的收益来影响农户生产行为。

本文假设农户是经济人，其生产行为决策的目标是为了追求利润最大化，利润=收入－成本，收入=销售价格×销售数量，成本=生产成本+额外支出，这里的生产成本主要指农产品生产过程中所需的所有费用，而额外支出主要是指农户进行不安全生产后被相关部门惩罚的罚款。由于消费者无法识别农产品的真实质量，只能从外观进行简单的判断，导致卖相好的农产品售价较高。因此，部分农户被利益驱动，在生产过程中会采取一些极为不当的生产方法与方式，如过度使用农药化肥或者违规使用添加剂，生产卖相好但质量安全低的农产品，从而获得更高的利润。

## 1.2 模型假设

(1) 其他条件不变的情况下，农户受教育水平对农户选择安全生产行为呈正向影响。

(2) 其他条件不变的情况下，政府惩罚力度与农户选择安全生产行为呈正向影响。

(3) 其他条件不变的情况下，参加生产组织能够提高农户的收益，农户愿意选择安全生产。

(4) 生产规模对农户选择安全生产行为有显著影响。

(5) 其他条件不变的情况下，消费者对农户行为的影响是间接的，通过政府提高检测率起作用。此处的检测率是指被检测的农户数量占总农户数量的百分率，而不是单个农户抽检农产品产量与总产量的占比。

Journal of System Simulation, Vol. 30 [2018], Iss. 4, Art. 17



(6) 一旦农户进行不安全生产，政府对其产品检测时均能检测出其产品不合格并对其进行罚款。

(7) 初始条件下，不安全农产品的销售价格高于安全农产品的销售价格(本文采用价格作为导致不安全生产的动因)。

(8) 初始条件下，不考虑突发的不可抗力因素(如洪灾、火灾、疾病等事件)对农户收益造成损失的情况。

## 2 仿真设计

本研究运用 Netlogo 模拟农户安全生产行为决策的规律，在仿真过程中假设了农户的两种生产决策及其影响因素，农户根据自己与其他农户的收益平均值比较，在下期生产时选择收益大的生产方式进行生产。Netlogo 提供一个用来对自然和社会现象进行仿真的可编程建模环境，建模中可以控制成千上万的个体，因此，用 Netlogo 建模能很好地模拟微观个体的行为和宏观模式的涌现及其两者之间的联系。Netlogo 是用于模拟自然和社会现象的编程语言和建模平台，特别适合于模拟随时间发展的复杂系统。本研究把下文构建的模型中的变量转化为仿真各主体的属性，通过仿真观察模型中变量值的变化及输出结果来研究农户安全生产行为决策的规律及其影响因素的重要程度。

假设初始状态下，在同一个市场中，存在 $n$ 个农户，每位农户每期生产 $Q$ 个农产品。受农产品特性的影响，农户当期生产的农产品全部出售，生产的农产品有安全农产品和不安全农产品两种类型，且同种类型的农产品价格相同，而不安全农产品的价格不低于安全农产品的价格，即同等产量下，进行不安全生产的农户的毛收入大于安全生产的农户的毛收入，这也是农户进行不安全生产的主要原因。

假设不安全农产品的单位价格比安全农产品的高 $p$ 元。农户进行不安全生产时，单位农产品生产成本会增加 $C_1(C_1<p)$。农户生产行为会受到自身教育水平$\sigma_i$、生产规模 $Q$、是否参与生产组织模式$\rho$、政府的惩罚 $F$ 和检测率$\theta$等因素的影响。各因素及其指标的具体含义如表 1 所示。

表 1 农户安全生产行为决策模型具体指标含义及其初始值

Tab. 1 Specific meaning and initial value of index in the model of farmers' decision-making for safe production behavior

| 影响因素 | 具体指标 | 指标符号 | 数值及范围 | 数值含义 |
|---|---|---|---|---|
| 农户自身因素 | 农户数量 | $N$ | 1 681 | 参与研究的农户数量 |
| | 生产规模 | $Q$ | [300,1 000] | 单个农户的农产品供给量 |
| | 教育水平对应农户预期收益的效用系数 | $\sigma_i$ | [0.8 ,1] | 不同教育水平对应农户预期收益的效用系数 |
| 消费者 | 安全农产品价格 | $p_0$ | 500 | 单个合格农产品的销售价格 |
| | 不安全农产品价格增量 | $p$ | 30 | 单个不合格农产品的销售价格增额 |
| | 检测率 | $\theta$ | 10% | 检测的农户数量占总农户数量的百分率 |
| 政府监管 | 惩罚成本 | $F$ | b=20 000<br>d∈[100,400] | $b$ 指不合格农产品的一次性罚款数额(固定罚款)；<br>$d$ 指不合格农产品的单位罚款数额(变动罚款) |
| 生产组织模式 | 组织内节约成本 | $C_2$ | 3 | 参加生产组织，单个农产品节约的成本量 |
| | 组织内安全生产价格增量 | $p_1$ | 18 | 参加生产组织，单个农产品出售的价格增量 |
| | 是否参与生产组织 | $\rho$ | $\rho_1$ 或$\rho_0$ | 1 是指参加生产组织；0 是指不参加生产组织 |
| 农资供应商 | 安全生产成本 | $C_0$ | 200 | 按照安全生产流程生产时，农产品的单位成本 |
| | 不安全生产成本增额 | $C_1$ | 5 | 不安全生产时，因违规使用添加物或过度使用农药化肥等而导致单个农产品成本额外增量 |



https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal/vol30/iss4/17
DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804017

农户进行不安全生产与安全生产时的纯收益分别表示为 $FR_N$ 和 $FR_Y$:

$$FR_N = Q\cdot(p_0 + p - C_0 - C_1 + f_1(\rho))\cdot f_2(\sigma_i) - f_3(F,\theta) \quad (1)$$

$$FR_Y = Q\cdot(p_0 - C_0 + f_1(\rho)) \quad (2)$$

其中，$f_1(\rho)$表示是否参与生产组织模式对农户收益的影响；$f_2(\sigma_i)$表示自身教育水平对农户收益的影响；$f_3(F,\theta)$表示政府的惩罚和监管力度对农户收益的影响。消费者的舆论间接影响农户的生产行为，政府规制直接影响农户的生产行为，且消费者的舆论与政府对农户的生产行为的影响均是通过政府监管部门的检测率与惩罚起作用。假设农户进行不安全生产，一经抽检，均会被发现，被处以罚款 $F$。罚款分为固定罚款和变动罚款两种形式：固定罚款为一次性罚款 $b$ 元；变动罚款是对单位农产品罚款 $d$ 元，总罚款额为 $Q\cdot d$。

假设每个农户在初始状态下均有自己的生产方式，即安全生产或不安全生产。根据公平理论，农户会比较自己的收益与付出及相关他人的收益与付出，当不公平感出现后，农户会采取某种行动来改变它。换言之，农户是否进行安全生产取决于自身所获纯收益(income)与周围农户所获纯收益(neighbors' income)的比较，而在市场中农户的信息并不是完全对称，假设农户所获得的信息主要来自周围 4 个农户，该农户根据自己与其他农户的收益平均值比较，在下期生产时选择收益大的生产方式进行生产。

前文探讨得出了影响农户安全生产行为决策的因素，为了分析这些因素对农户安全生产行为决策的影响，本实验从农户受教育水平、政府惩罚方式及力度、参与生产组织与否、生产规模和抽检率这五个因素出发设计仿真实验，使用 netlogo 软件，通过调节参数、分析实验结果得出以上五个因素对农户安全生产行为决策的影响及农户选择安全生产行为的规律。农户安全生产行为决策模型仿真路径如图 2。

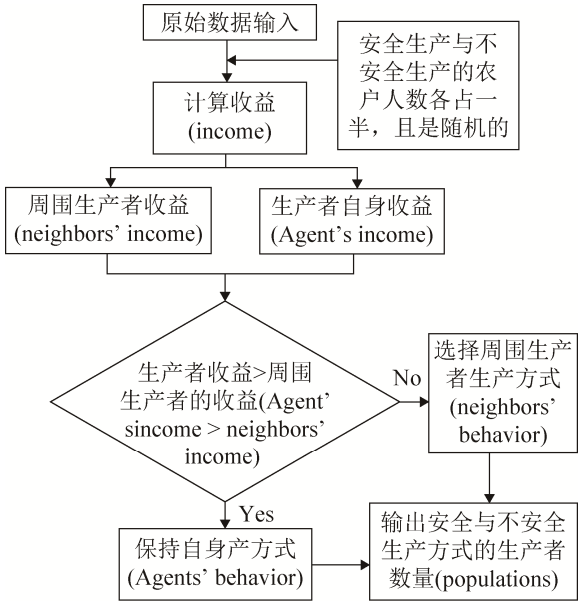



图 2 农户安全生产行为决策模型仿真路径
Fig.2 Simulation path of the model of farmers' decision-making for safe production behavior

## 3 农户安全生产行为决策仿真过程

### 3.1 受教育水平对农户安全生产行为决策的影响

根据期望-价值理论可知，农户做生产决策时会权衡进行安全生产与进行不安全生产的得失大小，因此，当农户预期进行安全生产带来的收益较不安全生产的高时，会选择进行安全生产，否则选择进行不安全生产。调查过程中发现，农户的生产决策受自身特征影响，其中受自身受教育水平的影响尤为显著，受教育水平越高，农户的道德意识越强，对不安全生产带来的风险和惩罚的认知越强，赵建欣等学者均证实农户受教育水平与农户的安全生产行为呈正相关关系。

根据以往研究表明，农户的生产决策受其受教育程度影响，即农户对效益的评估受其教育水平影响，受教育水平越高，农户预计不安全生产带来的效用越低。调研数据显示，受教育水平为小学及以下、初中和高中及以上的农户人数分别占农户样本总量的 65%、21%和 14%。假设$\sigma_i(\sigma_i\leqslant 1)$为不同教育水平对应的农户预期收益的效用系数，$\sigma_1$、$\sigma_2$、$\sigma_3$ 分别为小学及以下水平、初中、高中及以上教

Journal of System Simulation, Vol. 30 [2018], Iss. 4, Art. 17



育水平对应的农户预期收益的效用系数。初始假设为：在不考虑生产组织对农户的影响的情况下，此时不安全生产和安全生产两种生产方式下农户的纯收益表示为：

$$FR_N = Q\cdot(P_0 + P - C_0 - C_1)\cdot f_2(\sigma_i) - f_3(F,\theta) \quad (3)$$

$$FR_Y = Q\cdot(P_0 - C_0) \quad (4)$$

其中，$\sigma_1\in[0.95,1]$、$\sigma_2\in[0.9,0.95]$、$\sigma_3\in[0.8,0.9]$分别表示小学及以下、初中与高中及以上教育水平对农户预期收益的效用系数，$f_3(F,\theta)$表示对农户的处罚，初始值设置为固定惩罚20 000元/次，检测率为10%。

根据以上参数设定，采用 Netlogo 仿真平台进行模拟。以图 3 中 security 表示选择安全生产的人数；insecurity 表示选择不安全生产的人数。$a_i(i=1, 2, 3)$分别为受教育水平为小学及以下、初中、高中以上的农户占农户样本总体的比例。

图 3 表示受教育水平影响时，选择安全生产和不安全生产两种生产行为的农户人数的分布。图 a，86%农户受教育水平在初中及以下水平，整体受教育水平较低导致选择不安全生产的人数(占总人数的 67%)仍高出选择安全生产的人数，两生产行为人数占比差额约为 34%。图 3(b)~(f)，农户受教育水平比例在这 5 种情况下，选择安全生产的农户人数分别约占总人数的 44%、55%、61%、84%和 99%。图 3 可知，提高农户的受教育水平对控制农户的安全生产行为有显著作用。特别的，当农户受教育水平全部是高中及以上时，只有极少数人选择不安全生产，人数仅占总人数的 1%左右，两种生产行为的分布图见图 f。因此，提高农户的受教育水平至高中及以上水平，这能对农产品的生产安全控制产生极好的控制效果，即是说，普及十二年义务教育对农产品的安全生产控制有着举足轻重的作用。

## 3.2 惩罚方式及惩罚力度对农户安全生产行为决策的影响

《中华人民共和国农产品质量安全法》中规定，进行不安全生产获得的农产品，一经检查出，农户除了负相关法律责任之外，还处以两千以上两万以下罚款。假设政府惩罚力度加大会影响农户生产行为。仿真初始状态假设政府抽检率为 10%，农户进行不安全生产，一经发现对农户进行罚款 $F$，罚款分为固定罚款和变动罚款，固定罚款为一次性罚款 $b$ 元，变动罚款为单位农产品罚款 $d$ 元，总罚款额为 $Q\cdot d$ 元。此时两种情况下农户的纯收益为 $FR_{N1}$、$FR_{N2}$ 和 $FR_Y$：

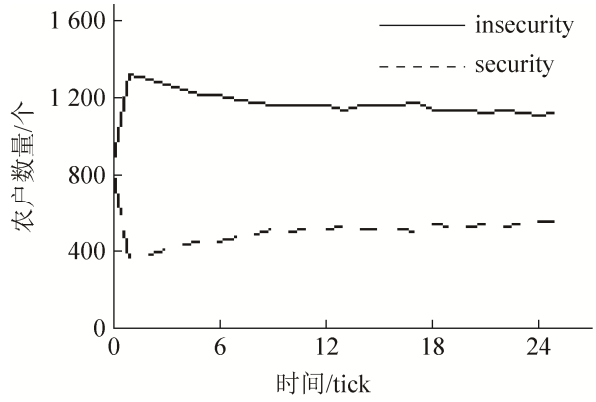
$$FR_{N1} = Q\cdot(p_0 + p - C_0 - C_1 - d)\cdot f_2(\sigma_i) \quad (5)$$

$$FR_{N2} = Q\cdot(p_0 + p - C_0 - C_1)\cdot f_2(\sigma_i) - b \quad (6)$$

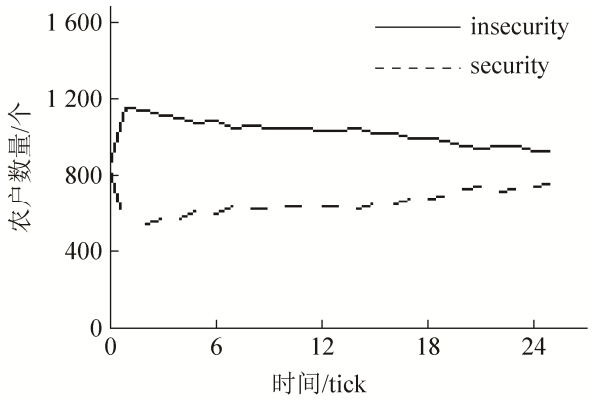
$$FR_Y = Q\cdot(p_0 - C_0) \quad (7)$$

其中，$FR_{N1}$、$FR_{N2}$ 分别表示监管者采用变动惩罚、固定惩罚时农户进行不安全生产的收益；$FR_Y$ 表示农户进行安全生产时的收益。

监管者采用固定惩罚时，仿真结果见图 4。



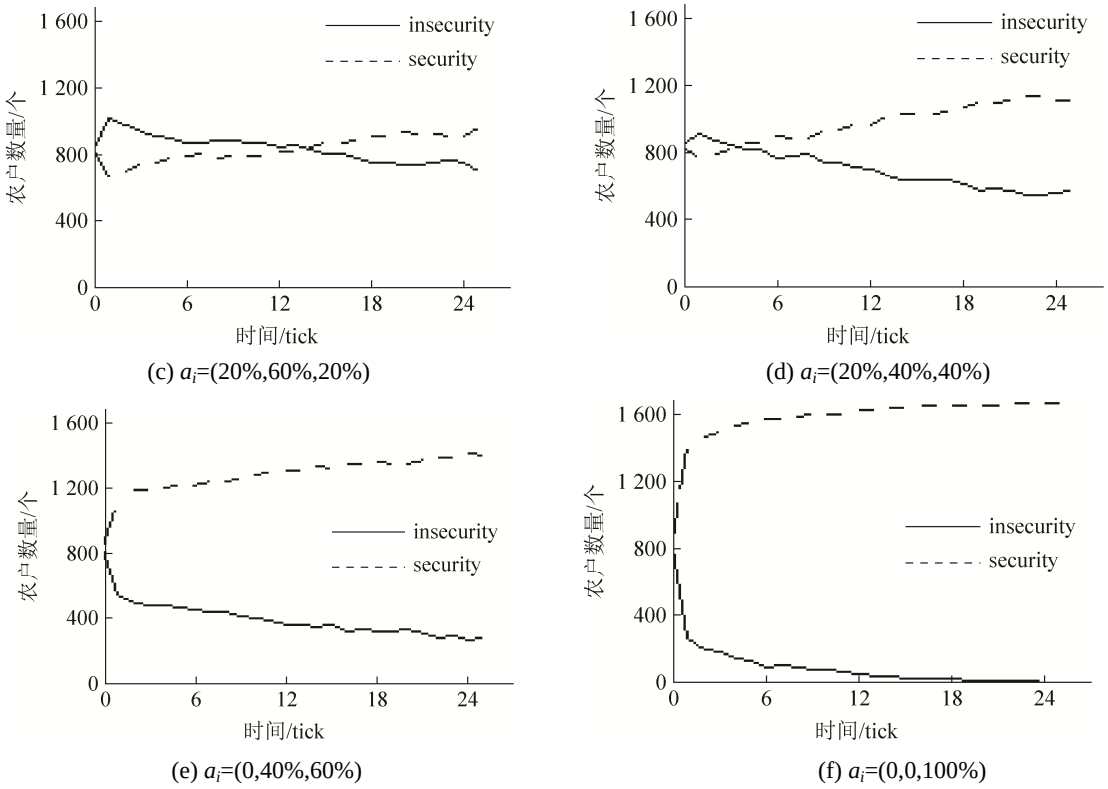

(a) $a_i$=(65%,21%,14%)




(b) $a_i$=(40%,40%,20%)



https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal/vol30/iss4/17
DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804017

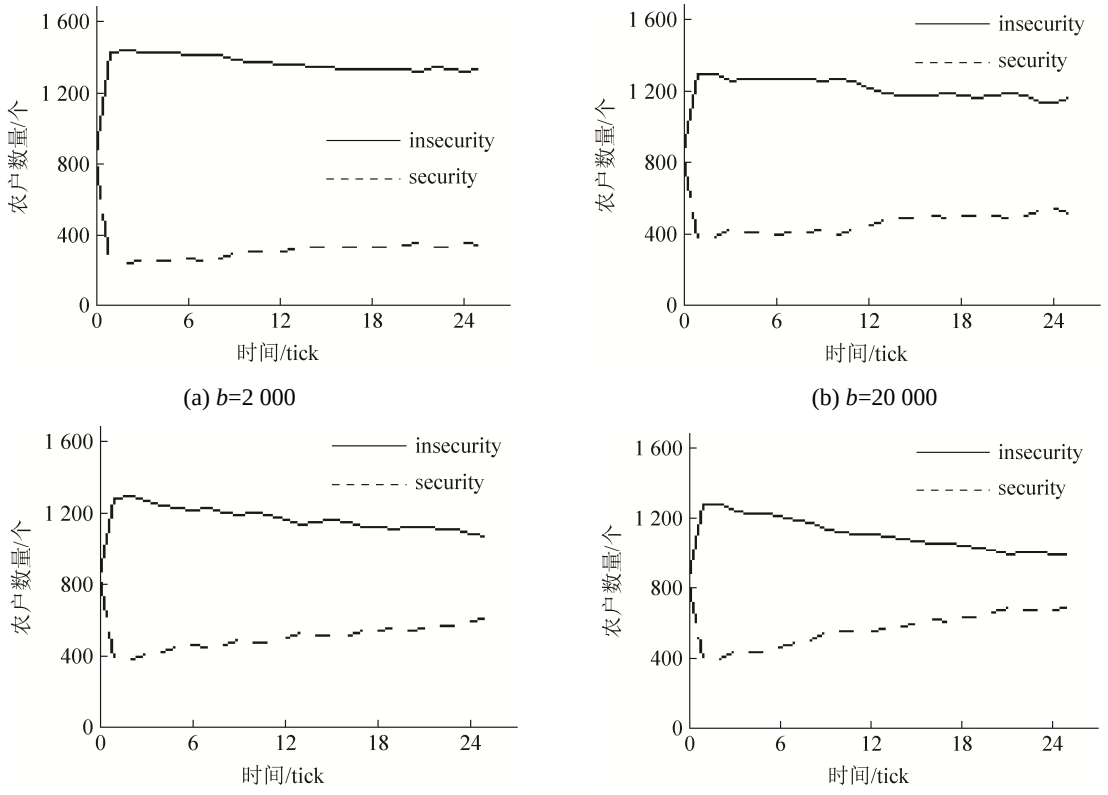



(c) $a_i$=(20%,60%,20%)　(d) $a_i$=(20%,40%,40%)

(e) $a_i$=(0,40%,60%)　(f) $a_i$=(0,0,100%)

图 3　受教育水平对农户安全生产行为决策的影响

Fig.3　Effect of education level on farmers' decision-making for safe production behavior




(a) $b$=2 000　(b) $b$=20 000

(c) $b$=30 000　(d) $b$=40 000

图 4 固定惩罚对农户安全生产行为决策的影响

Fig.4　Effect of the fixed penalty on farmers' decision-making for safe production behavior

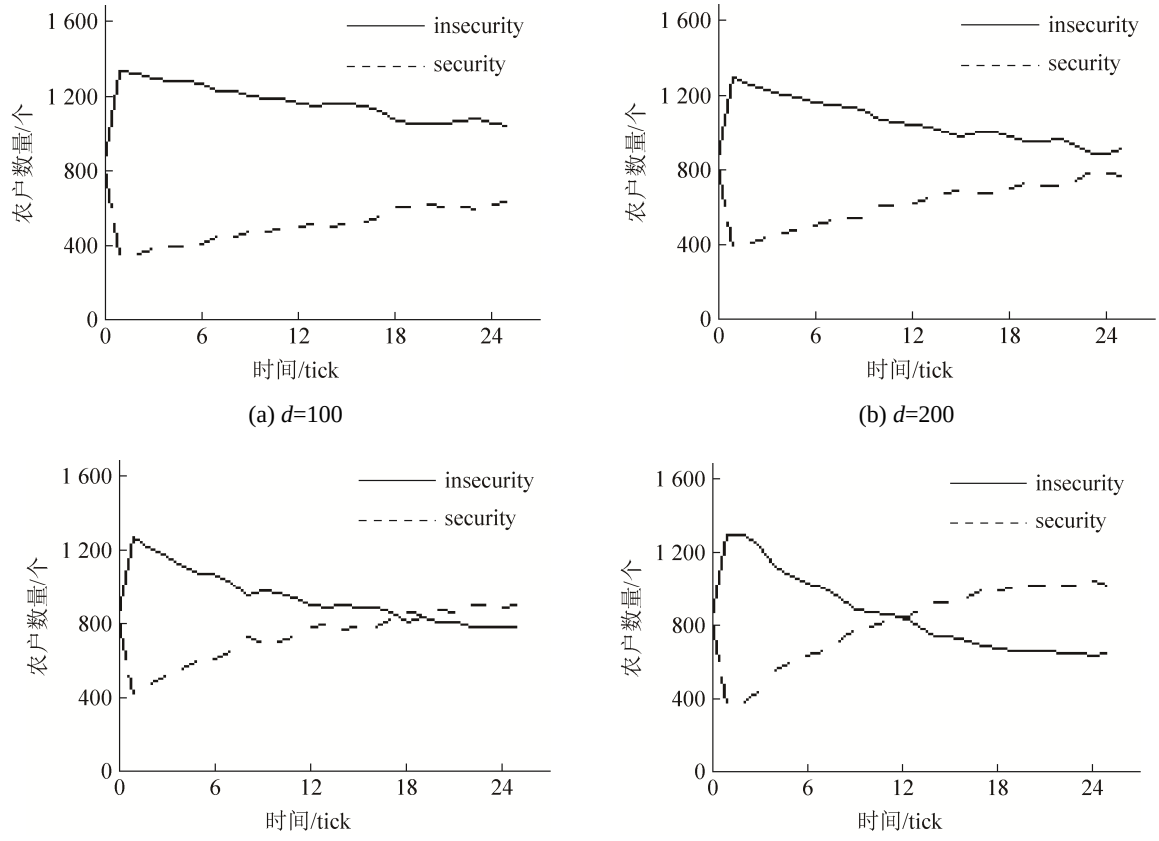
Journal of System Simulation, Vol. 30 [2018], Iss. 4, Art. 17



当固定惩罚罚金分别为图 4 中的 4 种情况时，选择安全生产的农户人数分别为总人数的 20%、30%、36%和 42%。当固定惩罚罚金为 2 000 时，选择不安全生产的农户人数远远多于选择安全生产的，且相对稳定；当提高罚金至 20 000 时，选择安全生产的农户人数虽有增加，但增量不大且不稳定；继续加大惩罚力度，选择安全生产的农户人数随着惩罚力度的加大而增加，且增量相对稳定。对比组图 4，单一考虑加大政府惩罚力度这一因素对农户安全生产行为确实是有促进作用的，但选择不安全生产的农户仍占大多数，这可能是抽检率过低或者惩罚方式不合理的原因，因此，图 5 采取变动惩罚方式进行仿真分析。

初始假设中，安全生产的农产品单位价格和单位成本分别是 500 和 200，假设规模相同，当政府采用变动惩罚，$d$ 分别取 100、200、300 和 400 时，仿真结果如图 5 所示。从图 5 可看出，当单位变动罚金 $d$ 变动时，选择安全生产与不安全生产两种行为的农户人数分布变动较大，但变动平稳、趋势明显，最终选择安全生产的农户分别约占总人数的 38%、46%、53%和 61%。其中，当 $d+C_0=p_0$ 时，最终选择安全生产的农户人数比选择不安全生产的稍多，差距不大，但当提高 $d$ 后，安全生产的农户人数明显增多，可见，$d$ 与 $C_0$ 之和越大，对农户安全生产行为的影响越大。对比组图 5，等额提高 $d$，选择安全生产的农户增量也相差无多，但当 $d+C_0>p_0$ 时仍有很多农户选择不安全生产，可能是由于抽检率低，部分农户对有关部门的抽检心存侥幸的原因。

从图 4~5 可看出，提高固定惩罚的罚金和提高变动惩罚的单位变动罚金均对农产品的安全生产有显著的促进作用，而变动惩罚较固定惩罚对农户安全生产更具针对性、灵活性，效果更好，故在接下来的仿真中所涉及的固定惩罚的初始罚金值均取 40 000，变动罚金的初始值则取 400。




(a) $d$=100　(b) $d$=200

(c) $d$=300　(d) $d$=400

图 5　变动惩罚对农户安全生产行为决策的影响

Fig.5　Effect of change punishment on farmers' decision-making for safe production behavior



https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal/vol30/iss4/17
DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804017

### 3.3 生产组织模式对农户安全生产行为决策的影响

假设农户参与的生产组织规范健全，能长期运行，并保护农户的利益，且农户能够遵守既定约定生产。一方面，生产组织为农户提供技术指导和交易渠道，农户的生产成本和运输成本减少约 $C_2$；另一方面，组织者要求农户按照标准进行生产并进行检测，检测合格的农产品收购价格将高于市场价格，设其价格为 $p_0+p_1(p_1<p-C_1-C_2)$，检测不合格农产品，降价收购。假设农产品收购价格等于市场价格，仿真初始状态假设有 1/2 农户参与生产组织；1/2 农户选择不参与。参与和不参与生产组织的农户中分别有 1/2 农户进行安全生产和不安全生产，对农户的处罚初始值设置为 40 000 元/次，检测率为 10%。此时农户纯收益表示为 $FR_{N1}$、$FR_{Y1}$、$FR_{N2}$ 和 $FR_{Y2}$：

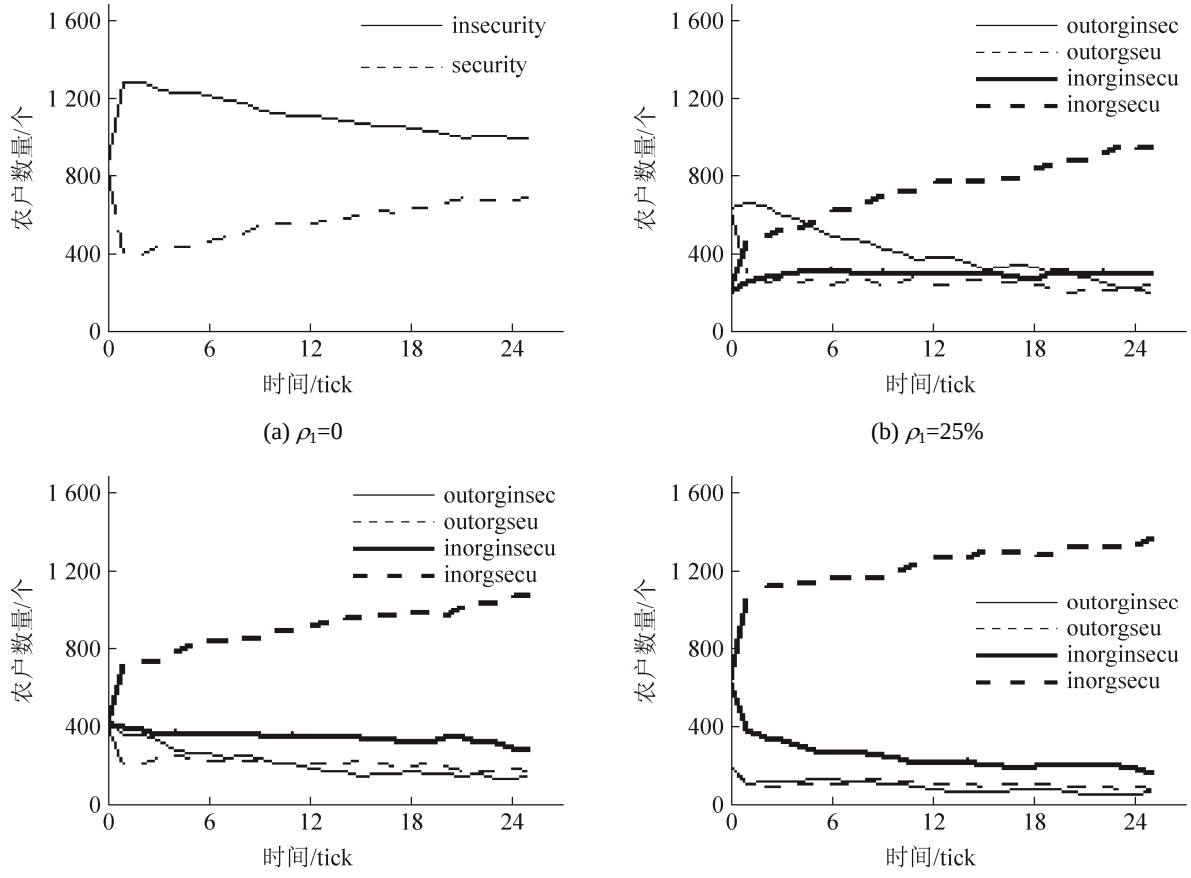
$$FR_{N1}=Q\cdot(p_0-C_0+C_2)\cdot f_2(\sigma_i)-f_3(F,\theta) \quad (8)$$

$$FR_{Y1}=Q\cdot(p_0+p_1-C_0+C_2) \quad (9)$$

$$FR_{N2}=Q\cdot(p_0+p-C_0-C_1)\cdot f_2(\sigma_i)-f_3(F,\theta) \quad (10)$$

$$FR_{Y2}=Q\cdot(p_0-C_0) \quad (11)$$

其中，$FR_{N1}$、$FR_{Y1}$ 分别为参与生产组织的农户进行不安全生产与安全生产所获纯收益；$FR_{N2}$、$FR_{Y2}$ 表示未参加生产组织的农户进行不安全生产与安全生产所获纯收益。主要分析参与生产组织的初始人数变动对农户两种生产方式的影响，仿真结果如图 6 所示。




(a) $\rho_1$=0　(b) $\rho_1$=25%

(c) $\rho_1$=50%　(d) $\rho_1$=75%

图 6　生产组织模式对农户安全生产行为决策的影响

Fig.6　Effect of production organization mode on farmers' decision-making for safe production behavior

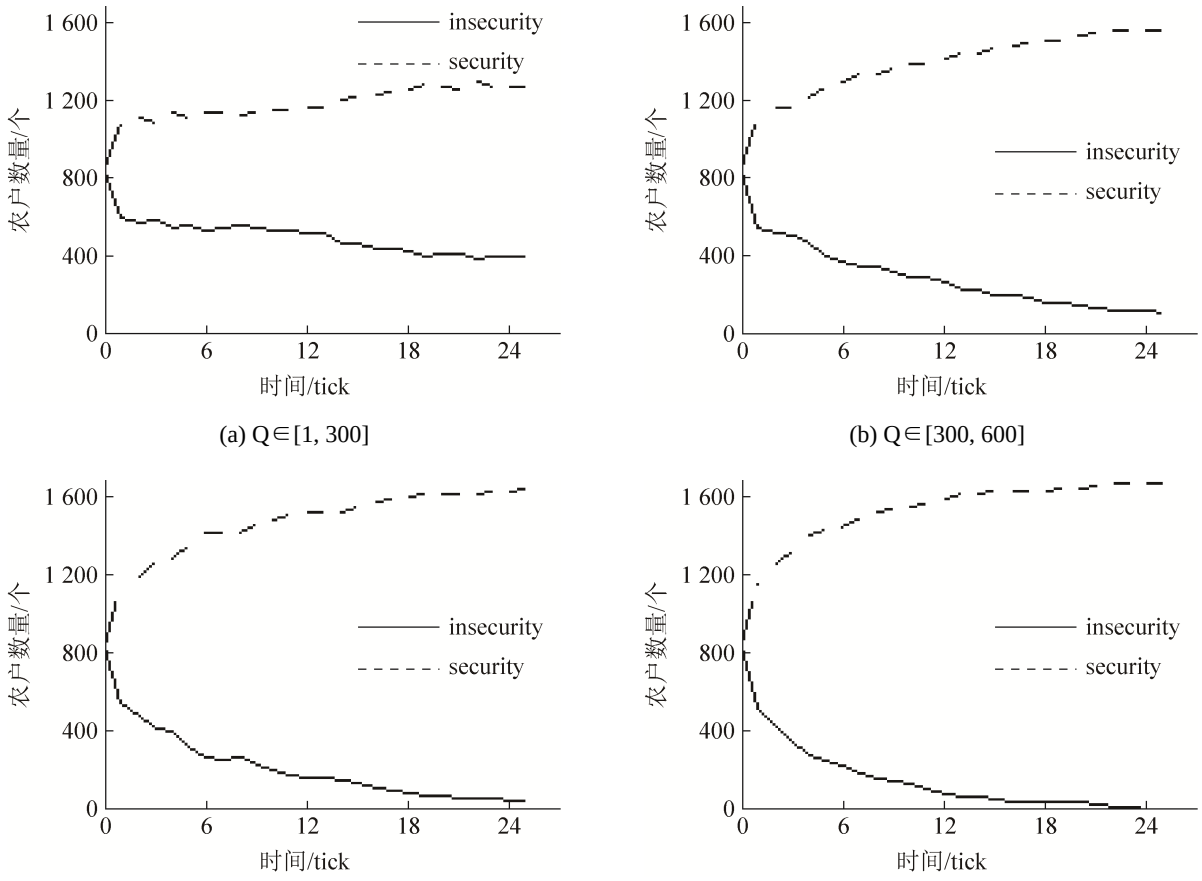
Journal of System Simulation, Vol. 30 [2018], Iss. 4, Art. 17



图 6 系列表示当参加生产组织的农户人数占总农户人数的百分比分别为 0、25%、50%和 75%时，选择安全生产与不安全生产的农户人数分布。其中，$\rho_1$ 表示参与生产组织的农户占总农户人数的的比例；outorgseu 表示未参加生产组织但选择安全生产的农户人数；outorginsec 表示未参加生产组织且选择不安全生产的农户人数；inorgsecu 表示参与生产组织且选择安全生产的农户人数；inorginsecu 表示参与生产组织但选择不安全生产的农户人数。对比组图 6，倘若不考虑参加生产组织，大多数农户会倾向于选择不安全生产，最终选择安全生产的农户仅占总农户人数的 41%。当考虑参加生产组织时，选择安全生产的农户迅速增多，特别的，当参加生产组织的农户人数占农户总人数的 25%、50%、75%时，选择安全生产的农户人数分别占农户总人数的 68%、76%和 87%，同时，参加生产组织的农户人数占比分别增加了 49%、32%和 17%。由图 6 看出，初始参加生产组织的农户占总人数的占比越大，对农户的安全生产决策影响越大，并且更多的人倾向于参加生产组织。但当 92%的农户参加生产组织时，仍有 13%左右的农户选择不安全生产，这可能是因为抽检率过低，部分农户对政府惩罚心存侥幸造成的。

### 3.4 生产规模(产量)对农户安全生产行为决策的影响

假设生产规模的大小会影响农户的生产态度，进而影响农户的生产行为。为进一步分析产量对农户行为的影响，初始假设有 50%的农户参加生产组织，惩罚采用变动惩罚且 $d$=400，检测率$\theta$=10%，仿真结果如图 7 所示。




(a) Q∈[1, 300]　(b) Q∈[300, 600]

(c) Q∈[600, 900]　(d) Q∈[900, 1200]

图 7　生产规模对农户安全生产行为决策的影响

Fig.7　Effect of production scale on farmers' decision-making for safe production behavior



https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal/vol30/iss4/17
DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804017
10

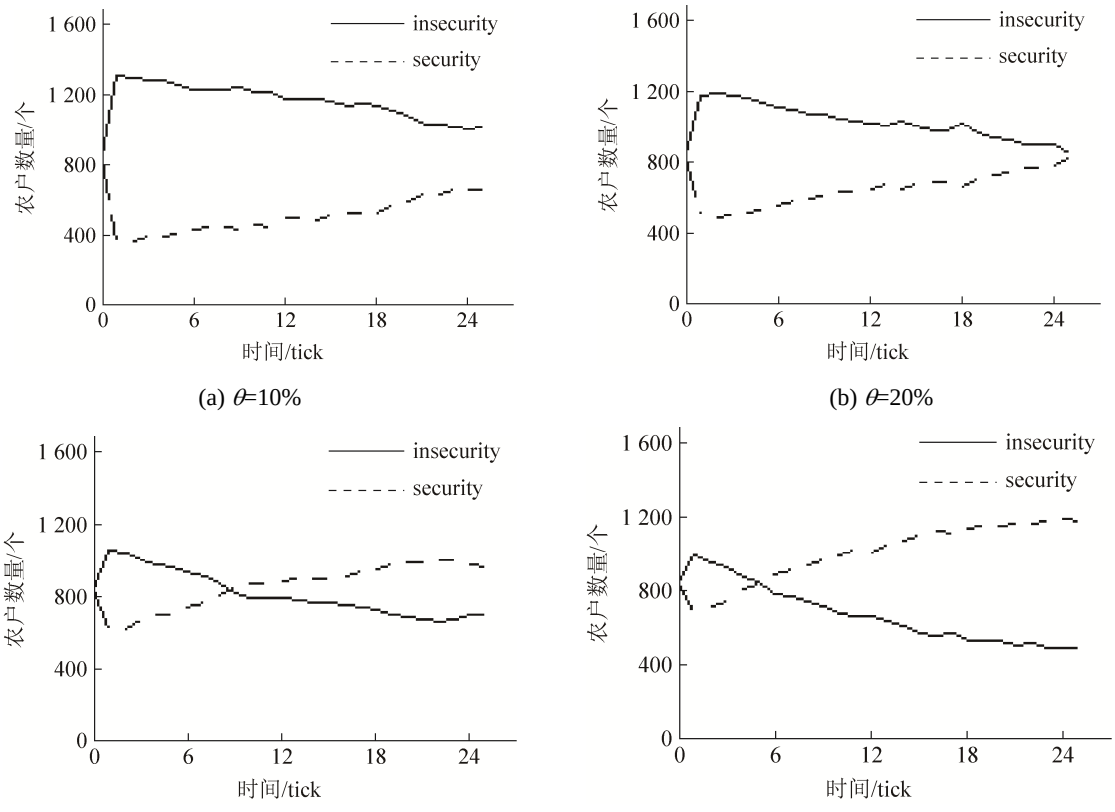
图 7 表示在 4 种不同生产规模范围中且 $d$=400 时，选择安全生产与不安全生产的农户数量的分布情况。如图 7 所示，当 $d$ 固定时，生产规模 $Q$ 越大，农户选择安全生产的速度更快，人数也越多。图 7(a)中，选择两种生产行为的农户人数呈波动性变化，农户的选择行为表现出不稳定性，此时选择安全生产的农户虽多于选择不安全生产的，但仍有较多农户选择进行不安全生产，约为总农户人数的 24%。如图 7(b)~(d)，扩大生产规模，选择安全生产的农户人数呈上升趋势，波动变小，且生产规模越大，农户选择安全生产的速度更快，人数越多。特别的，当生产规模 Q∈[900, 1 200]内，几乎所有人选择安全生产。

### 3.5 抽检率对农户安全生产行为决策的影响

消费者对农户生产行为的影响主要表现为通过政府加大监管力度，加大检测力度，提高检测率，并对抽检出的不安全生产的农户进行惩罚。假设不考虑生产组织这一因素，市场中初始有 50%的农户进行不安全生产，此时的抽检率 $\theta$为 10%。假设监管者的费用足够，抽检率能够实现 100%，采用固定惩罚，惩罚 $b$=40 000 元/次。假设被检测出不安全生产的农户受到惩罚后意识到进行不安全生产会导致生产成本增大，则农户下期选择不安全生产的可能性就会降低，进行仿真后得出图 8。

初始条件为 $b$=40 000 及$\theta$=10%时，选择安全生产的农户人数低于选择不安全生产的，且差距较大，约占总农户人数的 39%。图 8 中，提高$\theta$，选择安全生产的农户人数明显增多，速度明显增快，且$\theta$越大，选择安全生产的农户越多($\theta$从 10%分别提高至 20%、30%和 40%时，选择安全生产的农户人数分别约占总农户人数的 49%、58%和 70%)。

假设政府惩罚形式采用变动惩罚，$d$=400，进行仿真后得出图 9。




(a) $\theta$=10%　(b) $\theta$=20%

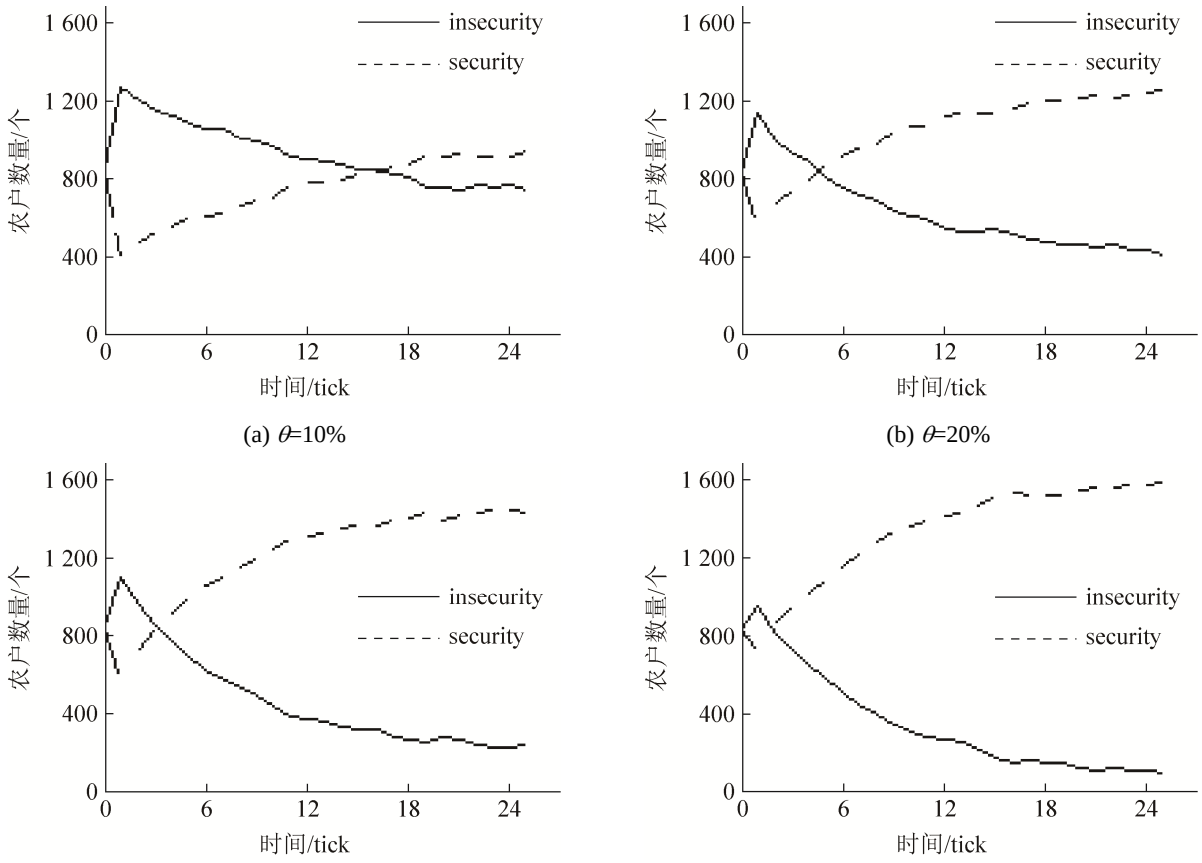
(c) $\theta$=30%　(d) $\theta$=40%

图 8　固定惩罚条件下，抽检率对农户安全生产行为决策的影响

Fig.8　Effect of supervision sampling rate on farmers' decision-making for safe production behavior under fixed penalty

Journal of System Simulation, Vol. 30 [2018], Iss. 4, Art. 17






(a) $\theta$=10% (b) $\theta$=20%

(c) $\theta$=30% (d) $\theta$=40%

图 9 变动惩罚条件下，抽检率对农户安全生产行为决策的影响

Fig.9 Effect of supervision sampling rate on farmers' decision-making for safe production behavior under variable penalty

如图 9 所示，$d$=400，$\theta$分别取 10%、20%、30%和 40%时，选择安全生产的农户人数分别约占总农户人数的 56%、75%、85%和 94%。提高检测率$\theta$，选择安全生产的农户人数迅速增多，且$\theta$越大，农户选择安全生产的速度越快。

通过比较图 8~9 可看出，政府采用固定惩罚 $b$=40 000/次的惩罚方式不如采用具有针对性的变动惩罚对农户安全生产影响大，但政府无论选择固定惩罚还是变动惩罚的惩罚方式，提高检测率均能促进农户选择安全生产。

以上根据计划行为理论探讨影响农户安全生产行为决策的因素，根据成本-收益理论构建农户安全生产行为决策模型，并对模型进行 Netlogo 仿真分析，从定量化的角度揭示了农户受教育水平、政府惩罚方式及力度、初始参与生产组织人数、生产规模和农产品抽检率等因素对农户安全生产行为决策的具体影响，通过输出图将农户选择安全生产行为决策的规律描述出来。

## 4 结论

本文基于计划行为理论，找出影响农户安全生产行为决策的因素，根据成本-收益理论构建农户安全生产行为决策模型，并运用 Netlogo 对其进行仿真分析，得出影响农户安全生产行为决策的因素之间的交互作用及其对农户安全生产决策的重要程度。仿真结果显示：(1) 受教育水平对农户安全生产行为决策呈正向影响。提高农户的受教育水平，能有效促进农户选择安全生产，尤其是将农户受教育水平提高至高中及以上水平时效果更佳，约 99%的农户选择安全生产行为。(2) 加大惩罚力度对农户安全生产行为决策有显著影响。罚金绝对值占农产品收益的比例越高，对农户的净收益影响越



https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal/vol30/iss4/17
DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804017

大，尤其是对生产规模越大的农户影响越大。当不安全生产带来的成本较高时，农户将选择安全生产。(3) 生产组织模式是改善农产品质量的重要方法，初始参与生产组织的人数影响农户的安全生产行为决策。其他条件不变的情况下，参加生产组织能够提高农户的收益，绝大多数农户愿意参加生产组织并选择安全生产，当初始参加生产组织的农户人数占比为 25%时，最后选择参加生产组织的农户人数增加到 74%，且其中约 92%的农户选择安全生产。(4) 生产规模对农户选择安全生产行为的影响显著，特别的，在按量惩罚的条件下，生产规模越大，农户越倾向于安全生产。(5) 政府对农产品的抽检率与农户安全生产行为决策呈正向影响。提高抽检率，能有效促进农户进行安全生产。特别的，提高抽检率与具有针对性的变动惩罚结合比与固定惩罚结合使用对促进农户安全生产行为更灵活有效。

本文的研究为有效促进农户进行安全生产提供了启发。农户禀赋、政府惩罚方式及力度、生产组织模式、生产规模和农产品抽检率等因素对农户的安全生产决策有重大影响，且这些因素之间会相互影响，共同作用于农户。因此，欲有效促进农户进行安全生产，政府应尽早在全国普及 12 年义务教育，提高未来农户的禀赋；同时，还应加大对进行不安全生产的农户的惩罚力度，或创新惩罚方式，例如，采取按量惩罚或按收入惩罚的方式，加大政府规制程度；其次，政府还应鼓励、创造和发展生产组织模式，鼓励农户参加生产组织，进行规模化生产；最后，提高农产品抽检率也是一项重要的措施，政府应在各市县镇增设农产品生产监督站，全面提高农产品抽检率。

本文根据计划行为理论从影响农户安全生产的因素这一视角，用 Netlogo 结合量化的方法来研究农产品质量安全生产，展示了在农户受教育水平、惩罚方式及力度、初始参与生产组织的人数、生产规模和农产品抽检率等因素互相影响的情况下，农户选择安全生产行为的演变规律，这对研究农产品质量安全有重要意义。农户作为农产品的生产者，是经济人，也是社会人，影响其生产行为决策的因素还有很多，诸如人格、道德约束等，因此，农户安全生产行为还可以结合心理学、行为科学等学科进行进一步研究。

## 参考文献：

[1] 李静, 盖志毅. 我国农产品质量监管中存在的问题与改革方案[J]. 现代经济探讨, 2016(6): 55-59.
Li Jing, Gai Zhiyi. Problems and Reform Plan of Agricultural Product Quality Supervision in China[J]. Modern Economic Research, 2016(6): 55-59.

[2] 刘瑞军, 陈谊, 徐扬. 基于农残数据的双层次可视化建模算法[J]. 系统仿真学报, 2015, 27(9): 2144-2149.
Liu Ruijun, ChenYi, Xu Yang. Algorithm of Double Level Visual Modeling Based on Data of Pesticide Residues[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(9): 2144-2149.

[3] 陈红倩, 方艺, 杨倩玉, 等. 一种针对农残检测数据的时序分组可视化方法[J]. 系统仿真学报, 2016, 28(10): 2510-2518, 2526.
Chen Hongqian, Fang Yi, Yang Qianyu, et al. Temporal Group Visualization Method for Pesticide Residue Detection Data[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(10): 2510-2518, 2526.

[4] 娄博杰. 基于农产品质量安全的农户生产行为研究[D]. 北京：中国农业科学院, 2015.
Lou Bojie. Study on the Farmer's Production Behavior Based on the Quality and Safety of Agricultural Products[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015.

[5] 刘文华. 农户禀赋、行为目标与农产品质量控制行为—广东农户问卷的实证[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
Liu Wenhua. Farmers' Endowments, Behavioral Targets and Quality Control Behavior of Agricultural Products – Positive Research on Farmer Survey in Guangdong[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.

[6] 赵建欣, 张忠根. 农户安全农产品生产决策影响因素分析[J]. 统计研究, 2007, 24(11): 90-92.
Zhao Jianxin, Zhang Zhonggen. Analysis of Factors Influencing Farmers' Production Decisions of Safe Agricultural Products[J]. Statistical Research, 2007, 24(11): 90-92.

[7] 杨天和. 基于农户生产行为的农产品质量安全问题的实证研究[D]. 南京：南京农业大学, 2006.

Journal of System Simulation, Vol. 30 [2018], Iss. 4, Art. 17



Yang Tianhe. Study on Demonstration of Quality and Safety of Agro-products Based on The Farming Household's Production Behavior[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006.

[8] 孙庆珍. 农户生产安全农产品的影响因素分析[J]. 中国食物与营养, 2008(1): 15-17.
Sun Qingzhen. Analysis of Factors Influencing Farmers' Production of Safe Agricultural Products[J]. Food and Nutrition in China, 2008(1): 15-17.

[9] 杜婷婷. 基于农产品质量安全的农户生产行为研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2013.
Du Tingting. Study on Farming Household's Production Behavior Based the Quality and Safety of Agro-products – Taking Gannan Navel[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2013.

[10] 张敏. 农产品供应链组织模式与农产品质量安全[J]. 农村经济, 2010(8): 101-105.
Zhang Min. The Organization Mode of Agricultural Product Supply Chain and the Quality and Safety of Agricultural Products[J]. Rural Economy, 2010(8): 101-105.

[11] 张会. 产业链组织模式对农户安全农产品生产影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
Zhang Hui. Study on the Impact of Industrial Chain Organization Model to Farmer's Safe Agri-food Production[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2012.

[12] 钟真, 孔祥智. 产业组织模式对农产品质量安全的影响: 来自奶业的例证[J]. 管理世界, 2012(1): 79-92.
Zhong Zhen, Kong Xiangzhi. The Impact of Industrial Organization Model on the Quality and Safety of Agricultural Products: An Example from Dairy Industry[J]. Management World, 2012(1): 79-92.

[13] 蒋永穆, 高杰. 不同农业经营组织结构中的农户行为与农产品质量安全[J]. 云南财经大学学报, 2013, (1): 142-148.
Jiang Yongmu, Gao Jie. Rural Household Behaviors and Quality Safety of Agricultural Products in Different Organization Structure of Agricultural Operations[J]. Journal of Yunnan Finance and Trade Institute, 2013(1): 142-148.

[14] 欧阳琦. 农产品质量安全管理[D].南京: 南京工业大学, 2014.
Ouyang Qi. Agricultural Product Quality Safety Management from the Perspective of Farmer Specialized Cooperative Organizations[D]. Nanjing: Nanjing University of Technology, 2014.

[15] Yingqi Zhong, Zuhui Huang, Linhai Wu. Identifying Critical Factors Influencing The Safety and Quality Related Behaviors of Pig Farmers in China[J]. Food Control(S0956-7135), 2017, 73(Part B): 1532-1540.

[16] 李浩宇. 农户生产行为中的食品安全问题及媒介监督策略研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2013.
Li Haoyu. Research on Food Safety Issues of Farmers' Production Behavior and Strategies of Media Monitoring[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2013.

[17] 杜斌, 康积萍, 李松柏. 农户安全生产意愿影响因素分析[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2014, 14(3): 71-75.
Du Bin, Kang Jiping, Song Bai. Analysis of Factors Farmers' Will to Produce Safely Based on TBP –A Study Based on a Survey in Mei County of Shanxi Province[J]. Journal of Northwest A&F University(Science Edition) , 2014, 14(3): 71-75.

[18] 吴红霞, 杨文丽. 基于农产品质量安全的农户生产行为分析[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(20): 218-222.
Wu Hongxia, Yang Wenli. Analysls of Farmer Behavior in Production Based on Quality and Safety of Agricultural Products[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016, 44(20): 218-222.

[19] J J Leisner, T B Lund, E A Frandsen, et al. What Consumers Expect from Food Control and What They Get-A Case Study of The Microbial Quality of Sushi Bars in Denmark[J]. Food Control(S0956-7135), 2014, 45: 76-80.

[20] S Van Boxstael, I Habib, L Jacxsens, et al. Food Safety Issues in Fresh Produce: Bacterial Pathogens, Viruses and Pesticide Residues Indicated as Major Concerns by Stakeholders in The Fresh Produce Chain[J]. Food Control(S0956-7135), 2013, 32(1): 190-197.

[21] 陶善信, 李丽. 农产品质量安全标准对农户生产行为的规制效果分析——基于市场均衡的视角[J]. 农村经济, 2016(2): 8-13.
Tao Shanxin, Li Li. Analysis of the Effect of Agricultural Product Quality and Safety Standards on Farmers' Production Behavior -- Based on the View of Market Equilibrium[J]. Rural Economy. 2016(2): 8-13.

[22] 廖杉杉. 农产品安全生产中政府监管机制的优化与创新研究[J]. 管理现代化, 2016(3): 40-42.
Liao Shanshan. Research on the Optimization and Innovation of Government Supervision Mechanism in Agricultural Safe Production[J]. Modernization of Management, 2016(3): 40-42.

[23] 莫鸣, 包翠文, 刘利萍. 农产品质量安全法规对农户生产行为的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 475-477.
Mo Ming, Bao Cuiwen, Liu Liping. The Influence of Agricultural Product Quality and Safety Regulations on Farmers' Production Behavior[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015, 43(9): 475-477.



https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal/vol30/iss4/17
DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804017