

白世贞,郑佳,吴绒.农产品绿色生产与绿色消费协同演化博弈分析[J].江苏农业科学,2017,45(10):316-319.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.10.083

农产品绿色生产与绿色消费协同演化博弈分析

白世贞,郑佳,吴绒

(哈尔滨商业大学,黑龙江哈尔滨 150028)

摘要:研究农产品绿色生产与绿色消费协同发展条件,运用演化博弈理论,构建消费者与农产品生产加工企业之间协同演化博弈模型,定量把握农产品绿色生产与绿色消费的协同互动关系,得出协同演化趋势:当系统正常运行时,理想的协同是同时选择绿色生产与绿色消费策略;当系统出现异常时,企业应最大限度地降低绿色生产成本,带动消费者对农产品的绿色消费,同时充分发挥政府职能,最终实现系统异常时协同逐步向正常时协同演进。研究结果表明,降低农产品绿色生产成本是消费者进行绿色消费的前提条件,政府提高对绿色生产的鼓励并加大对非绿色生产的惩罚是企业绿色生产的关键。

关键词:农产品;绿色生产;绿色消费;演化博弈;协同

中图分类号: F323.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)10-0316-04

“民以食为天,食以安为先”。近年来,人民生活水平不断提高,越来越重视农产品质量,生产绿色农产品,推动农业向高产、优质、高效、生态、安全方向发展,是当前及今后农业发展的必然方向^[1]。“十二五”期间,虽然蔬菜、水产品和畜禽产品在例行监测中,合格率分别上升了 3.0、0.3、4.2 百分点,但农产品质量安全的现状却不容乐观,食物中毒事件依旧频发,据统计,2015 年由于各种食品安全事件导致的经济损失至少 500 亿元。在经历了过期肉、僵尸肉、毒生姜、毒豆芽等事件后,人们对农产品的质量安全表现出了前所未有的关注,农产品的绿色生产成为我国农业转型的重要方向。

然而,农产品的绿色生产却面临着重重困难。从长期来看,农产品的绿色生产可以提高企业资源利用率,并树立企业形象,但从短期来看,企业在农产品的绿色生产时,必须付出巨大的额外成本,因此,企业在绿色生产的实施过程中缺乏动力。绿色生产并不完全由企业自身的决策所决定,同时还要受到政府和消费者等相关利益主体的共同影响,是一个复杂的动态过程^[2]。虽然在我国《农业法》和《清洁生产促进法》等相关法律法规中,对农产品在生产、质量以及检验等方面作出了相关规定,但是并没有对绿色农产品的生产作出明确的规定,在法律规范方面还有很多漏洞,导致绿色农产品假冒伪劣现象在社会中依然层出不穷。绿色农产品的生产成本较高,售价也比普通的农产品要高,而我国消费者的整体收入水平不高,在这种情况下,要求所有消费者进行绿色消费存在

很大难度。

绿色生产与绿色消费作为农产品绿色发展的两大子系统,既相互关联又相互制约,是一种博弈行为。以农产品为例,对其绿色生产与绿色消费的协同演化规律进行探究,可以为二者的良性互动提供较好的理论价值和现实意义,同时为农业绿色发展提供建议。

目前,国内外已有相关学者探讨了农产品绿色生产与绿色消费方面的问题。国外 Mazé 等结合农产品的特点,从供应链的角度,首次运用博弈理论对农产品质量安全和治理结构的关系进行研究,并提出了如何提高农产品质量的观点^[3]。Mittal 等从环境、社会和经济层面,运用模糊 TOPSIS 决策模型分析政府和行业绿色生产的障碍,发现技术风险、缺乏认知和立法薄弱是绿色生产 3 个最重要的影响因素^[4]。Tseng 等对亚洲绿色供应链的管理、设计和实践方面进行研究,提出并分析了政府制定“自上而下”的绿色政策和绿色供应链组织“自下而上”的绿色发展^[5]。柳键等针对绿色生产效益的不同发展趋势和不同发展水平,通过多阶段博弈分析方法研究政府与绿色生产制造商之间的决策行为及互动关系,发现当绿色生产效益呈上升趋势,政府应逐步降低监督检查力度,同时加大处罚力度,反之亦然^[6]。张芳等通过构建绿色供应链主体间博弈模型,发现绿色供应链的成功构建需要企业生产绿色产品、注重环境保护并且实施绿色供应链管理,以及消费者强烈的绿色消费意愿和废弃物回收意愿^[7]。左文明等通过对国内消费模式相关研究的整理,认为在新常态环境下,传统消费模式向绿色消费模式转型是未来的研究方向^[8]。傅丽芳等通过对城镇居民购买绿色农产品的影响因素进行调研,发现绿色农产品信息不对称和溢价水平过高是消费者拒绝购买的主要因素^[9]。

相关学者对绿色生产与绿色消费进行了广泛的研究,但研究偏重于对农产品绿色生产的单一系统,缺少对农产品生产与消费两大系统的内在关联和演化机制方面的研究。本研究结合农产品的特性,构建了企业与消费者的演化博弈模型,对二者的协同绿色发展提供一种新的理论视角。

收稿日期:2016-04-20

基金项目:国家自然科学基金(编号:71371061);黑龙江省重点科技攻关(编号:GB14D409);黑龙江省教育厅科学技术研究项目(编号:12541217);哈尔滨商业大学研究生创新科研项目(编号:YJSCX2015-343HSD)。

作者简介:白世贞(1963—),男,山东招远人,博士,教授,主要从事物流与供应链管理研究。Tel: (0451) 84865029; E-mail: baishizhen@hrbcu.edu。

通信作者:郑佳,硕士研究生,主要从事物流与供应链管理研究。E-mail: hrzhengjia@163.com。

1 农产品绿色生产与绿色消费的主体界定

农产品绿色生产是指通过管理和技术的手段,从农作物播种、种植、灌溉、施肥到采收,生产全过程符合绿色生产管理标准,最终达到节能、降耗、减污的一种综合措施。农产品生产系统包括农资供应商、农户或合作社、农产品加工企业等。

农产品绿色消费是指消费者在购买农产品时,选择无污染、无公害、营养高的农产品,是一种高层次的具有生态意识、符合健康标准和环境标准的消费行为。农产品消费系统,包括农产品经销商和消费者。

在市场经济条件下,农产品生产企业与消费者之间有着各自的利益边界,生产企业生产时需要考虑自身成本,而消费者在消费时也要综合考虑质量和价格。所以,农产品生产企业和消费者为了满足其最大的效用,既是一种紧密相关又是

一种激烈竞争的关系,这个过程实际上就是一场博弈。博弈主体包括农产品生产企业和消费者。

2 模型构建与收益分析

2.1 模型构建

在农产品绿色生产与绿色消费协同演化过程中,绿色生产主体为农产品生产企业,绿色消费主体为农产品消费者。在协同的过程中,农产品生产企业以实现自身利润为首要原则,但若要保证农产品质量,就很难实现利润最大化,于是生产企业与消费者的利益产生了碰撞。生产企业与消费者需要不断地获取对方的信息,不断进行调试,才能寻求到最优策略。假定企业与消费者之间遵循着理性“经济人”基本假设,博弈双方均有 2 种行为可选:绿色生产和非绿色生产;绿色消费和非绿色消费。建立企业与消费者协同演化博弈矩阵见表 1。

表 1 企业与消费者策略选择及博弈矩阵

农产品生产企业类型	农产品消费者	
	绿色消费	非绿色消费
绿色生产	$R_1 + \Delta R_1 + G_1 - C_1 - \Delta C_1, R_2 + \Delta R_2 - C_2 - \Delta C_{21}$	$R_1 + G_1 - C_1 - \Delta C_1, R_2 - C_2$
非绿色生产	$R_1 - C_1 - PG_2, R_2 + \Delta R_2 - C_2 - \Delta C_{22}$	$R_1 - C_1 - PG_2, R_2 - C_2$

博弈矩阵中, R_1, R_2 分别表示农产品生产企业和消费者选择非绿色生产和非绿色消费时的一般收益, C_1, C_2 分别表示农产品生产企业和消费者选择非绿色生产和非绿色消费时的成本。

如果企业选取绿色生产策略,假设此时政府对绿色生产的企业给予 G_1 奖励。相比一般农产品,绿色农产品在生产时,企业需要考虑包括生产技术的选择、化肥原料的选择、种植或养殖方式、废弃物的处理等众多因素,做到农产品生产全过程安全、卫生无公害,因此企业绿色生产还包含着绿色成本^[10]。假设企业进行绿色生产而额外付出的绿色成本是 ΔC_1 ,通过绿色生产获得的超额收益是 ΔR_1 ,此时企业获取的收益为: $R_1 + \Delta R_1 + G_1 - C_1 - \Delta C_1$ 。如果消费者采取了非绿色消费策略,那么,企业的超额收益并不能实现,此时企业获取的收益为: $R_1 + G_1 - C_1 - \Delta C_1$ 。

如果企业采取非绿色生产策略,假设此时政府对企业非绿色生产的惩罚概率是 P ,惩罚金额是 G_2 ,无论消费者是否采取绿色消费策略,此时企业获取的收益都为 $R_1 - C_1 - PG_2$ 。

消费者在选择绿色农产品时,不仅满足了质量的要求,还作出了环保贡献,这些对消费者来说产生了一定的额外效用^[11],假设这个额外效用是 ΔR_2 ;同时,消费者在选择绿色消费策略时,需要为绿色农产品支付额外费用,假设企业在采取绿色生产策略时,消费者的这一额外费用是 ΔC_{21} ,企业在采取非绿色生产策略时,消费者的这一额外费用为 ΔC_{22} ,由于企业的绿色生产能更好满足消费者需求,显然 $\Delta C_{22} > \Delta C_{21}$ 。

2.2 模型收益分析

假设消费者选择农产品绿色消费的概率为 x ,非绿色消

$$J = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-2x)[y(\Delta C_{22} - \Delta C_{21}) + \Delta R_2 - \Delta C_{22}] & x(1-x)(\Delta C_{22} - \Delta C_{21}) \\ y(1-y)\Delta R_1 & (1-2y)(x\Delta R_2 + G_1 + PG_2 - \Delta C_1) \end{bmatrix}。$$

依据雅克比矩阵的局部稳定性判定准则,可得局部均衡时的主要参数(表 2)。

$$\text{其中, } A = \frac{\Delta C_{22} - \Delta R_2}{\Delta C_{22} - \Delta C_{21}} \cdot \left(1 - \frac{\Delta C_{22} - \Delta R_2}{\Delta C_{22} - \Delta C_{21}}\right) \cdot (\Delta C_{22} -$$

费的概率为 $1-x$;企业选择农产品绿色生产策略的概率为 y ,非绿色生产的概率为 $1-y$ 。

令 U_{11} 表示消费者选择农产品绿色消费的期望收益, U_{12} 表示选择非绿色消费的期望收益, \bar{U}_1 表示消费者群体的平均收益,则有:

$$U_{11} = y(R_2 + \Delta R_2 - C_2 - \Delta C_{21}) + (1-y)(R_2 + \Delta R_2 - C_2 - \Delta C_{22});$$

$$U_{12} = y(R_2 - C_2) + (1-y)(R_2 - C_2);$$

$$\bar{U}_1 = xU_{11} + (1-x)U_{12}。$$

同理, U_{21} 表示农产品生产企业选择绿色生产的期望收益, U_{22} 表示选择非绿色生产的期望收益,企业群体的平均收益为 \bar{U}_2 ,得到:

$$U_{21} = x(R_1 + \Delta R_1 + G_1 - C_1 - \Delta C_1) + (1-x)(R_1 + G_1 - C_1 - \Delta C_1);$$

$$U_{22} = x(R_1 - C_1 - PG_2) + (1-x)(R_1 - C_1 - PG_2);$$

$$\bar{U}_2 = yU_{21} + (1-y)U_{22}。$$

从而得到复制者动态方程分别为:

$$x' = \frac{dx}{dt} = x(U_{11} - \bar{U}_1) = x(1-x)[y(\Delta C_{22} - \Delta C_{21}) + \Delta R_2 - \Delta C_{22}];$$

$$y' = \frac{dy}{dt} = y(U_{21} - \bar{U}_2) = y(1-y)[x\Delta R_1 + G_1 + PG_2 - \Delta C_1]。$$

令 $\frac{dx}{dt} = 0, \frac{dy}{dt} = 0$,得到协同演化博弈模型的 5 个均衡点,分别为: $(0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (x^*, y^*)$,其中, $x^* = \frac{\Delta C_{22} - \Delta R_2}{\Delta C_{22} - \Delta C_{21}}, y^* = \frac{\Delta C_1 - G_1 - PG_2}{\Delta R_1}$ 。

得到系统雅克比矩阵行列式为:

$$\Delta C_{21}), B = \frac{\Delta C_1 - G_1 - PG_2}{\Delta R_1} \cdot \left(1 - \frac{\Delta C_1 - G_1 - PG_2}{\Delta R_1}\right) \cdot \Delta R_1。$$

在 (x^*, y^*) 点处有 $\text{tr}J = a_{11} + a_{22} = 0$,不满足稳定条件,因此其余 4 个局部稳定点成为系统的稳定点。假设消费者数

表 2 局部均衡点 a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{22} 的值

均衡点	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}
(0,0)	$\Delta R_2 - \Delta C_{22}$	0	0	$G_1 + PG_2 - \Delta C_1$
(0,1)	$\Delta R_2 - \Delta C_{21}$	0	0	$-(G_1 + PG_2 - \Delta C_1)$
(1,0)	$-(\Delta R_2 - \Delta C_{22})$	0	0	$\Delta R_1 + G_1 + PG_2 - \Delta C_1$
(1,1)	$-(\Delta R_2 - \Delta C_{21})$	0	0	$-(\Delta R_1 + G_1 + PG_2 - \Delta C_1)$
(x^*, y^*)	0	A	B	0

量为 1 000,农产品生产企业数量为 100,基于演化策略的条件,结合 ΔC_{21} 、 ΔC_{22} 、 ΔC_1 、 ΔR_2 等参数的取值范围,利用 Matlab 软件计算出不同情形下演化博弈的均衡状态,得到图 1 至图 5 的相关结果。

2.3 结果与分析

2.3.1 $\Delta R_2 < \Delta C_{21}$, 且 $(G_1 + PG_2) < \Delta C_1$ 当消费者购买绿色农产品所得到的额外效用低于所付出的额外成本,而且政府对农产品生产企业的奖励与惩罚之和低于企业为农产品的绿色生产所额外付出的绿色成本时,系统收敛于(0,0)点,即消费者选择农产品非绿色消费,农产品生产企业选择非绿色生产策略。演化博弈仿真见图 1。从图 1 可以看出,农产品市场的质量问题 and 环境问题没有被重视之前情况比较相类似,由于农产品质量安全问题没有得到重视,政府和消费者对绿色农产品关注度较低,因此企业也不会选择绿色生产策略。即使消费者具有绿色农产品购买意愿,如果政府支持或惩罚的力度不够,企业不能保证盈利,系统也会向恶化方向发展。

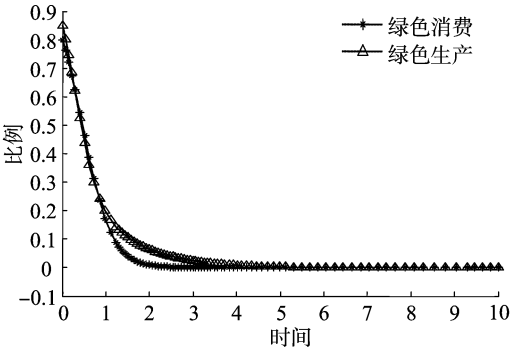


图1 $\Delta C_{21}=10, \Delta R_2=7, G_1=10, PG_2=1, \Delta C_1=8, x=8, y=0.85$ 的仿真

2.3.2 $\Delta R_2 < \Delta C_{21}$, 且 $(G_1 + PG_2) > \Delta C_1$ 当消费者购买绿色农产品所带来的额外效用低于所付出的额外成本,政府对农产品企业的奖励与惩罚之和高于企业生产绿色农产品额外付出的绿色成本时,系统收敛于(0,1)点,即消费者选择农产品非绿色消费,农产品企业选择绿色生产策略。演化博弈仿真见图 2。此时,由于消费者绿色消费意愿不强烈,加上绿色农产品价格过高、消费习惯、信息不对称等因素导致消费者转而采取非绿色消费策略,企业虽然不能保证盈利,但由于政府出台相关政策对绿色生产给予相应补贴,企业依然会热情高涨地选择绿色生产策略,然而这种绿色生产只是在政府的鼓励下完成,未能获取市场的支持。

2.3.3 $\Delta R_2 > \Delta C_{22}$, 且 $\Delta R_1 < \Delta C_1 - (G_1 + PG_2)$ 当消费者绿色消费所带来的额外效用高于企业进行绿色生产时所付出的额外成本,且企业绿色生产所带来的额外效用低于额外付出的绿色成本与政府监管的差额时,系统收敛于(1,0)点,即消费者采取绿色消费,企业采取非绿色生产策略。演化博弈仿真见图 3。此时,当消费者具有强烈的绿色消费意识时,可以

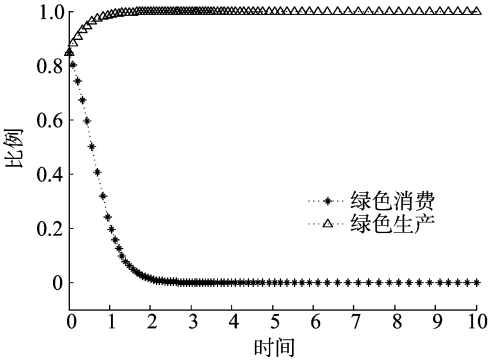


图2 $\Delta C_{21}=10, \Delta R_2=7, G_1=8, PG_2=1, \Delta C_1=6, x=0.85, y=0.85$ 的仿真

承担额外成本,消费者会尽其最大可能去寻找绿色农产品进行绿色消费。尽管此时农产品的绿色消费已经成为主流选择,政府也制定相关政策对绿色生产进行奖励并对非绿色生产采取相应惩罚,但由于企业仍然不能取得超额收益,企业仍将热衷于非绿色生产策略,如近年来频频发生的农产品质量安全问题就是企业进行非绿色生产的矛盾和危机。

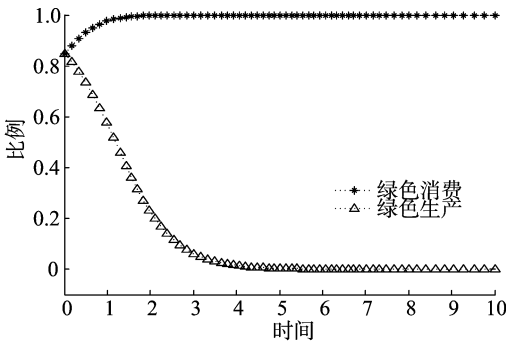


图3 $\Delta C_{22}=7, \Delta R_2=10, \Delta R_1=0.5, G_1=6, PG_2=1, \Delta C_1=8, x=0.85, y=0.85$ 的仿真

2.3.4 $\Delta R_2 > \Delta C_{22}$, 且 $\Delta R_1 > \Delta C_1 - (G_1 + PG_2)$ 当消费者绿色消费所带来的额外效用高于企业进行绿色生产时所付出的额外成本,且企业绿色生产所带来的额外效用高于额外付出的绿色成本与政府监管的差额时,系统收敛于(1,1)点,即消费者采取绿色消费,企业采取绿色生产策略。演化博弈仿真见图 4。此时,当系统出现恶化时,如随着食品安全事件频发,政府对农产品质量安全密切关注,消费者也逐渐重视食品质量,消费者对绿色农产品的购买意识明显增强,并愿意为其付出较高的价格,政府和农产品生产企业都愿意为环境保护进行较大的投入,而且企业在政府的支持下能够实现收益时,绿色消费和绿色生产成为消费者和企业的主导选择。

2.3.5 $\Delta C_{21} < \Delta R_2 < \Delta C_{22}$, 且 $\Delta R_1 > \Delta C_1 - (G_1 + PG_2)$ 当消费者绿色消费所带来的额外效用高于其所付出的额外成本,但低于企业进行绿色生产时所付出的额外成本,且企业绿色生产所带来的额外效用高于额外付出的绿色成本与政府监管的差额时,系统不存在稳定点,整个市场处于周期性震荡的状态。演化博弈仿真见图 5。此时,农产品绿色生产与绿色消费受我国政策导向影响较大,在国家出台绿色战略,或者通过曝光农产品企业质量安全问题等,短期内可以带动农产品绿色生产和绿色消费,但并不能形成长期有效的绿色认知。在政策时效过后,市场又恢复原来的生产和消费模式。

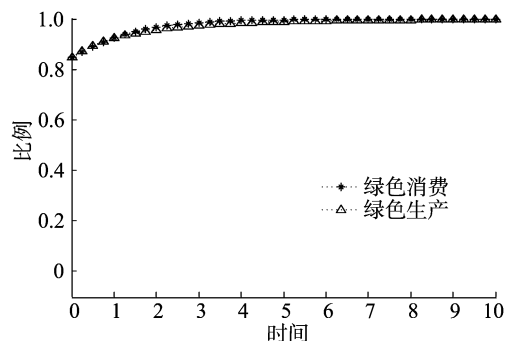


图4 $\Delta C_{22}=7, \Delta R_2=10, \Delta R_1=2.5, G_1=6, PG_2=1,$
 $\Delta C_1=8, \alpha=0.85, \beta=0.85$ 的仿真

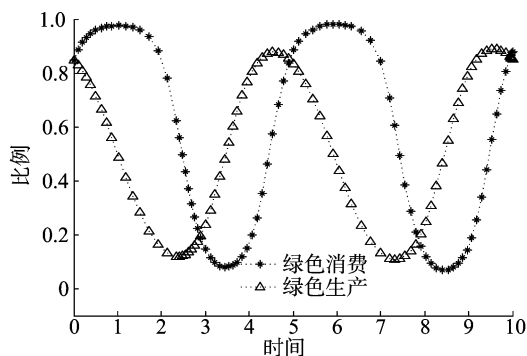


图5 $\Delta C_{21}=5, \Delta C_{22}=15, \Delta R_2=10, \Delta R_1=-5,$
 $G_1=8, PG_2=1, \Delta C_1=6, \alpha=0.85, \beta=0.85$ 的仿真

3 农产品绿色生产与绿色消费协同对策

3.1 企业层面

我国绿色农产品与发达国家对比,由于发展时间较短、生产技术落后等原因,生产过程依然存在不规范的现象。这就需要生产企业在农产品生产过程中严格控制农药、化肥的使用,通过引进国外成熟的生产技术,解决生产的技术问题,同时学习成熟的管理方法,加强生产的全过程管理,最终改善农产品的质量^[12]。相关企业可以采取“农超对接”的方式,通过产地直供优势,既可以提高绿色农产品质量安全等级,又可以降低绿色成本,以高性价比来满足消费者需求。

3.2 政府层面

政府相关部门应建立健全绿色农产品有关的法律法规,农产品监管部门应建立健全绿色农产品监管体系。一方面,通过加大对违法违规生产企业的惩罚力度,保证农产品的质量;另一方面,对农产品绿色生产给予金融、税收、投资等优惠政策,以支持企业降低农产品绿色生产成本。此外,为消费者的绿色消费提供补贴,有效披露农产品相关信息,提高对绿色消费的认知水平,扩大绿色消费需求^[13]。

3.3 消费者层面

消费者需要从观念上转变原有的消费方式,从主观上自觉地参与绿色消费。在选择农产品时,需要提高对农产品标签中的绿色标志和安全标志的认知水平,积极主动学习有关绿色产品的知识,以增强绿色消费意识。在购买过程中,通过编码和信息码等辨别绿色农产品的真伪。在选择绿色消费的

同时,可以增强信任感,消除购买时的心理戒备,减少对绿色农产品的错误认知,有效提高辨别能力^[14-15]。

4 结语

本研究运用演化博弈理论和方法对农产品生产企业和消费者之间绿色生产与绿色消费的演化过程进行深入分析,并构建演化博弈模型。通过对模型进行分析,发现企业选择绿色生产策略,消费者选择绿色消费策略才能实现农产品绿色发展的目标。而此时实现条件为 $\Delta R_2 > \Delta C_{22}, \Delta R_1 > \Delta C_1 - (G_1 + PG_2)$,这要求企业必须降低农产品的绿色生产成本,政府增加农产品绿色生产的鼓励,并加强绿色监管力度,消费者提高绿色消费意识。只有农产品企业、政府与消费者协同发展,才能使系统达到理想的均衡状态。

参考文献:

- [1] 赵春明. “一带一路”战略与我国绿色产业发展[J]. 学海, 2016 (1): 137 - 142.
- [2] 杨顺顺, 宋春艳, 谢瑾岚. 绿色农产品产业生态补偿主体的博弈分析[J]. 生态经济, 2012(6): 75 - 78.
- [3] Mazé A, Polin S, Raynaud E L, et al. Quality signals and governance structures within European agro - food chains: a new institutional economics approach [C]. 78th EAAE Seminar, Copenhagen, 2001: 15 - 16.
- [4] Mittal V K, Sangwan K S. Prioritizing barriers to green manufacturing: environmental, social and economic perspectives [J]. Procedia Cirp, 2014, 15 (15): 135 - 140.
- [5] Tseng M L, (Anthony) Shun F C, Tan R R, et al. Sustainable consumption and production for Asia: sustainability through green design and practice [J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 40 (2): 1 - 5.
- [6] 柳 键, 曾剑锋. 政府监管与绿色生产多阶段博弈行为[J]. 系统工程, 2014(8): 10 - 17.
- [7] 张 芳, 崔文翠, 周 岩. 低碳经济视角下政府、企业、消费者在农产品绿色供应链中的博弈研究[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2015, 14 (2): 96 - 102.
- [8] 左文明, 莫小华, 陈华琼. 国内消费模式研究综述与展望[J]. 经济管理, 2015(2): 189 - 199.
- [9] 傅丽芳, 邓华玲, 魏 薇, 等. 基于 Probit 回归的绿色农产品消费影响因素及购买行为分析[J]. 生态经济, 2014, 30 (7): 60 - 64.
- [10] 徐玲玲, 刘晓琳, 应瑞瑶. 可追溯农产品额外成本承担意愿研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24 (12): 23 - 31.
- [11] 赵爱武, 杜建国, 关洪军. 绿色购买行为演化路径与影响机理分析[J]. 中国管理科学, 2015, 23 (11): 163 - 170.
- [12] 白艳英, 周长波, 周 奇, 等. 重点企业清洁生产推行十年的现状与推进建议[J]. 环境保护, 2014, 42 (6): 42 - 44.
- [13] 许兴国. 关于提升农产品质量安全水平的思考与建议[J]. 农村经济, 2015 (11): 20 - 23.
- [14] 劳可夫. 消费者创新性对绿色消费行为的影响机制研究[J]. 南开管理评论, 2013, 16 (4): 106 - 113, 132.
- [15] Biswas A, Roy M. Green products: an exploratory study on the consumer behaviour in emerging economies of the East [J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 87 (1): 463 - 468.