

绿色农业发展机制的演进 ——基于政府、农户和消费者三方博弈的视角

许秀川¹ 吴朋雁²

(1. 西南大学 经济管理学院, 重庆 400715;

2. 西南大学 西塔学院, 重庆 400715)

摘要 为探究绿色农业发展机制的演进,基于前景理论构建了不完全理性的政府、农户和消费者三方演化博弈模型,数值仿真三方的策略选择及演化过程,结合制度和偏好演化理论探讨了最优演化稳定状态的达成条件。研究发现:为达到有利于绿色农业发展的均衡,需要打破原有制度演化,构建与绿色生产、绿色消费相适应的制度环境。该过程的实现需要政府作为“创新者”率先偏离既定规则并带动其他博弈方取得更高收益。政府可从物质、信念、价值和心智模式角度改变农户和消费者的偏好演进,以最大化绿色农业发展的效益,具体包括:1)制定补贴政策 and 奖励机制;2)扶持绿色生产龙头企业、生产示范区等典型范例;3)制定有效的农业生态净化措施及检测标准;4)制定有公信力的绿色农产品标准,为消费者提供有力的甄别信号;5)通过知识宣讲、自然教育、农旅文化等手段提高公众对绿色农业的整体认知,推动全社会形成绿色生产和消费的文明风尚。

关键词 绿色农业; 前景理论; 演化博弈; 偏好和制度演化

中图分类号 F323

文章编号 1007-4333(2022)01-0259-15

文献标志码 A

Evolution of green agriculture development mechanism: From the perspective of tripartite game between government, farmers and consumers

XU Xiuchuan¹, WU Pengyan²

(1. School of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Westa College, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract To explore the evolution of the development mechanism of green agriculture, a three-party (government, farmers and consumers) evolutionary game model was constructed based on the prospect theory. The strategy selection and evolution process of the three parties were simulated. The results show that: In order to achieve the development of green agriculture, it is necessary to break the evolution of the original system and construct a new system environment suitable for green production and green consumption. The government can change the evolution of farmers' and consumers' preferences from the perspectives of material, belief, value and mental model to maximize the benefits of green agriculture development; 1) by formulating subsidy policies and incentive mechanisms, 2) supporting green production leading enterprises, production demonstration areas and other typical examples, 3) developing effective agricultural ecological purification measures and testing standards, 4) formulating credible standards for green agricultural products to provide consumers with powerful screening signals, 5) improving the public's overall understanding of green agriculture through knowledge dissemination, natural education, agriculture and tourism culture and other means and promoting the civilized fashion of green behaviors in the whole society.

Keywords green agriculture; prospect theory; evolutionary game; preference and institutional evolution

收稿日期: 2021-04-07

基金项目: 西南大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(SWU1909203); 重庆市社会科学规划项目重点项目(2019ZDGL07)

第一作者: 许秀川, 副教授, 主要从事农业经济和绿色农业研究, E-mail: swucc@163.com

多年以来,我国农业生产多采用高投入、高浪费、高污染的方式,忽视了资源和环境的刚性约束,给资源承载能力和环境容量造成极大压力^[1]。在经济发展进入新常态的背景下,为保障国家食品安全、资源安全和生态质量,中国有必要走产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的绿色发展道路^[2]。绿色发展是一种新型发展机制,强调遵循社会经济发展自然规律,在生态环境容量和资源承载力可承受的范围之内,实现各种资源要素的重新整合并将“绿色化”贯穿于整个产业过程^[3],旨在促进经济增长的同时,保障人与自然协调、可持续发展^[4]。

党中央、国务院高度重视绿色发展问题,2017年7月中共中央办公厅、国务院办公厅印发指导绿色农业发展的纲领性文件《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》中指出要“全面建立以绿色生态为导向的制度体系”,并强调:“要调动政府、社会、生产者、消费者等各方力量,广泛参与到绿色发展中来”^[5]。2018年中共中央、国务院印发的《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》文件中细化了农业绿色发展的政策措施,2019年中央1号文件、“十四五”规划中均强调要加强农业环境治理工作,推进农业绿色转型,坚持农业农村优先发展,全面推进乡村振兴^[6]。由此可见,农业绿色发展是我国乡村振兴战略中重要的一环^[7]。

如何建立以绿色生态为导向的制度体系?如何协调各方力量使其积极投入到绿色农业的建设工作中来?合理回答这些问题将有利于我国制定更高效的政策方针,提升农业的生态、经济效益。基于上述问题,本研究建立了前景理论下政府、农户和消费者三方的演化博弈模型,研究最优演化稳定策略的达成条件和三方策略的演化路径,运用制度和偏好演化理论对演化过程进行解释,结合我国绿色农业机制建设的成功案例对理论分析进行印证,以期对绿色农业发展机制的构建提供参考。

1 文献综述

1.1 政府、农户和消费者绿色行为及其动因

政府:绿色农产品属于天然农产品,受自然环境影响较大,常常处于弱势地位。绿色农产品的生产往往会因缺乏资金和人才而导致资源配置效率大大降低。上述市场失灵问题需要政府实施干预政策^[7],恰当的政策激励能够促进要素市场完善,推进绿色农业的结构优化与升级^[8]。

农户:农户的绿色生产行为指既能保障农业的生产力、增加盈利能力,又能减少农村的环境污染问题的生产方式^[9],主要包括免耕/少耕、轮/套/间作、生物农药、秸秆还田和废弃物沼气利用、有机肥与测土配方施肥等^[10]。农户采取绿色行为的意愿主要受价值观念、风险态度、环保意识、社会规范等影响。

消费者:消费者的绿色行为主要指购买和食用绿色农产品,白世贞等^[11]认为消费者绿色行为主要受到消费者收入水平、绿色农产品的价格、对绿色农产品的主观认知、消费者自身的环保意识的影响。靳明等^[12]、傅丽芳等^[13]指出信息不对称以及外部性等原因可能会抑制消费者购买绿色农产品的需求,使其更倾向于购买普通农产品。

1.2 博弈视角下的绿色农业发展研究

目前较多文献使用博弈论方法研究绿色农业发展中“政府—农户”或“政府—消费者”两者间的博弈关系,在政府和农户的博弈研究方面,赵大伟^[8]、崔和瑞等^[14]提出地方政府加大对绿色农业的扶植力度、增加监管力度能够推动绿色农业建设。陆杉等^[15]认为政府可使用理念、制度和利益层面的三重驱动力让农户行为回归至绿色发展的纳什均衡策略上。在政府和消费者的博弈方面,相关研究肯定了绿色消费将是未来消费模式的发展趋势^[16],消费者对绿色农产品的偏好会影响到农户的绿色生产行为^[9]。

但是,现有研究更多关注政府与农户、农户与消费者、政府与消费者双方之间的静态博弈,对于三方的动态博弈关系鲜有研究。其次,此前文献多集中于假设博弈方为完全理性的,但实际上,绿色农业博弈中的三方通常是在不完全信息下进行非完全理性的动态博弈。演化博弈模型基于人的不完全理性假设,能够更好反应主体行为的复杂性和不确定性^[17],目前还没有学者利用演化博弈模型进行动态角度的研究分析,故本研究建立了政府、农户和消费者三方演化博弈模型并分析其演化条件和过程。

1.3 制度演化和偏好演化理论

在对政府、农户和消费者的演化结果分析和路径解释上,本研究使用了制度演化和偏好演化的相关理论。黄凯南等^[19]认为从参与者互动视角来定义制度更为合理,制度是内生于参与者的互动中并随着互动场景和参与者偏好的变化而演化的互动规则,本研究所谈及的制度指的即为这种互动规则。偏好演化描述的是个体从某一种偏好转向另一种偏

好的过程,该过程并非全然出于理性的选择,而是个体的学习过程和对演化环境的适应过程。偏好演化的动力机制主要有 4 个方面:物质收益变化、信念变化、价值变化和心智模型变化。偏好与制度的共同演化指的是多个互动者的演化轨迹相互影响进而改变彼此适应图景(Fitness landscape)的情形。共同演化主要有两种机制,一是由参与者收益变化驱动的共同演化,二是由学习规则变化驱动的共同演化。在此过程中,制度通过改变行动报酬、信念、价值观和心智模型来影响偏好,个体偏好通过影响其他参与者的行动、动机和心智模型来影响制度^[20]。

目前对于绿色农业中各主体间的博弈关系研究大多假定制度和偏好均是外生给定的^[8],未能解释规则本身的形成过程和偏好的演变过程。本研究借鉴偏好演化和制度演化的相关理论,认为偏好和制度均内生于博弈方的策略互动中,侧重于考察绿色农业发展过程中博弈互动规则的形成与变化和三者偏好与制度的最优共同演化机制的达成策略。

2 博弈模型的构建与分析

2.1 博弈主体界定

绿色农业发展机制的构建中主要存在政府、农户和消费者 3 类主体,本研究假设参与博弈的三方均是不完全理性的。

1) 政府:政府是绿色农业的倡导者和监督者。为推进绿色农业发展进程,政府需要制定相关资金扶植政策、给予农户技术支持和风险补贴;为确保农户采用绿色生产方式,政府需投入人力物力对其进行监管。政府在制定农业政策的过程中面临着农村劳动力结构改变、农产品价格波动频繁、资源环境约束趋紧等诸多挑战^[21],针对不同问题制定的政策重点和方向不同,出台的时间也不确定,因而存在不稳定性,故假设政府是不完全理性的。

2) 农户:农户是农业生产者的一个子集,农业生产者包括农户、农业公司、家庭农场、农业合作社以及各种新型农业经营主体等。由于我国小农户数量较多,为农业生产经营的最主要主体,且因农户生产规模较小、生产偏好易受农产品市场情况、政府行为和消费者行为等因素的影响,决策不够理性,能较好体现我国农业生产的特点,故本研究选取小农户作为农业生产者的代表来反应我国绿色农业发展生产方的偏好和行为策略演变过程^[13]。

3) 消费者:消费者是绿色农产品的需求方,消费

者的购买意愿和购买行为直接影响到农户的收益情况。消费者在购买农产品时会综合考虑质量和价格,由于我国农产品的绿色指标体系尚不健全,存在信息不对称问题,消费者对绿色农产品的质量和价格有感知的偏差,故假设为不完全理性的^[11]。

2.2 模型假设与参数说明

假设 1:博弈的 3 个主体:政府、农户和消费者均为不完全理性的,他们选择策略的依据并非策略本身的直接损益,而是自身对策略支付值的感知。Kahneman^[22]从心理学角度改进了期望效用理论,提出了前景理论,该理论认为人们感知到的价值不是价值本身,而是基于某一参照点的相对值。前景理论考虑到博弈主体的偏好和理性不足,衡量的是动态不确定条件下的前景价值,更符合现实中不同参与主体的真实决策过程。本研究使用前景理论刻画三方的损益,将 3 个博弈方支付价值的心理感知设定为前景价值 V ,由价值函数 $U(\omega)$ 和权重函数 $\pi(p)$ 组成,如式(1)。

$$\begin{cases} V = \sum_i \pi(p_i)U(\Delta\omega_i) \\ U(\Delta\omega) = \begin{cases} \omega^\alpha (\omega \geq 0) \\ -\beta(-\omega)^\alpha (\omega < 0) \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\Delta\omega_i$ 表示情况 i 发生后博弈主体的实际支付的价值和参考点价值的差值,为便于分析,本研究将参考点 $U(0)$ 设置为 0。 $\pi(p_i)$ 为情况 i 发生的概率,参数 α 为风险敏感度系数 ($0 < \alpha < 1$), α 值越大,博弈主体对价值感知的边际递减程度越大。参数 β 为损失规避系数 ($\beta > 1$), β 值越大表明博弈主体对策略损失的敏感程度越高。在该假设下,设各博弈主体的真实收益对于感知收益或损失的敏感度分别设为 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$,对于损失的承受能力为 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 。

假设 2:政府监管的概率为 x ,农户绿色生产的概率为 y ,消费者购买绿色农产品的概率为 z , $0 \leq x, y, z \leq 1$,其中 x, y, z 是时间 t 的函数。本研究假设 x, y, z 的概率也分代表了政府的监管力度或强度;生产者的绿色生产力度或强度;消费者购买意愿、决策的力度或强度。

假设 3:政府的监管成本为:对农户是否进行绿色生产的调查过程中要耗费的人力、物力和财力成本 C_g 。对于实行绿色生产的农户提供收入补贴 S 和生产补贴 W ,前者指的是对农户因采取绿色生产方式对环境保护作出的贡献的奖励,后者指的是农户绿色生产时需进行的设备购置、技术学习、测土配

方施肥等工作要花费的金额。监管的收益包括对仍采用传统生产方式的农户的罚款 P , 绿色生产的农户增加、生态环境改善使得民众对政府的认同感提高的效益 B_g 。不论政府是否监管, 若农户采取传统生产方式, 政府均要花费环境治理的费用 C_e 。农户采取传统生产方式的收益为 R_t 。若农户选择绿色生产, 额外成本主要是对绿色农业种植技术的研发或购买花费 C_a ; 农户也会因农产品的绿色品牌效应而获得额外收益 R_b 。若政府实行监管, 农户可获得风险补贴 S 和技术购买补助 W 。农户生产绿色农产品, 且消费者进行了购买, 使得农户获得更多的收

益 R_b 。消费者购买绿色农产品能够获得的产品质量安全的保证, 有助于身体健康的收益 R_c , 一般情况下, 绿色农产品相对于普通农产品有较高溢价, 此处假设消费者需支付的高于普通农产品的额外费用为 C_c 。

假设 4: 当出现政府监管, 农户绿色生产, 消费者购买绿色农产品时, 能够推动社会经济增长、生态良好发展, 对三方均产生益处为 B_a 。

基于以上假设, 可以得到政府、农户和消费者三方的策略组合及相应的收益矩阵如表 2, 其中参数的定义与说明见表 1。

表 1 模型的参数定义与说明

Table 1 Parameter definition and description of the model

参数 Parameter	参数解释 Explanation of parameter
监管成本 C_g Cost for regulatory process	政府进行监管时要付出的人力、物力、资金等成本
收入补贴 S Income subsidy 技术补贴 W Technology-purchasing subsidy	农户因采取绿色生产方式对环境保护、生态可持续发展作出的贡献的奖励 政府积极监管时, 对农户的技术购买补助, 包括设备购置、技术学习、测土配方施肥等需花费的金额
罚款 P Punishment	政府积极监管时, 农户因传统生产而遭受罚款
政府收益 B_g Benefit for government	政府积极监管时, 农户实行绿色生产, 生态效益增加, 政府公信力增强的收益
绿色农业效益 B_a Benefit of green agriculture	政府积极监管时, 农户实行绿色生产, 消费者购买绿色农产品, 推动社会经济增长、生态良好发展的收益
环境治理费用 C_e Cost of environmental protection	政府花费的环境治理费用
绿色生产成本 C_a Cost of green agriculture	农户选择绿色生产付出的种植作物购买、技术研发及应用等花费
消费者绿色购买费用 C_c Cost for consumers	消费者购买绿色农产品高于普通农产品的额外费用
农户绿色收入 R_a Revenue of green agriculture	农户因采取绿色生产的对环境保护、可持续发展作出了贡献而获得的收益
农户绿色生产额外收益 R_b Revenue of additional benefit	农户生产绿色农产品, 且消费者进行了购买, 使得农户收入增加的收益
农户传统收入 R_t Revenue of traditional agriculture	农户采取传统生产方式获得的收益
消费者绿色收益 R_c Revenue of buying green agricultural products for consumers	消费者购买绿色农产品对自身获得的产品质量保证、身体健康等的收益

表 2 政府、农户和消费者的博弈组合和收益矩阵

Table 2 Game combination and revenue matrix of governments, farmers and consumers

博弈策略 Game strategy	政府 Government	农户 Farmer	消费者 Consumer
监管,绿色生产,购买 Regulate,Green production, Purchase	$B_g + B_g - C_g - S - W$	$B_a + S + W + R_a + R_b - C_a$	$B_a + R_c - C_c$
监管,绿色生产,不购买 Regulate,Green production, Not purchase	$B_g - C_g - S - W$	$R_a + S + W - C_a$	0
监管,传统生产,购买 Regulate,Traditional production, Purchase	$P - C_g - C_e$	$R_t - P$	$R_c - C_c$
监管,传统生产,不购买 Regulate,Traditional production, Not purchase	$P - C_g - C_e$	$R_t - P$	0
不监管,绿色生产,购买 Not regulate, Green production, Purchase	0	$R_t + R_b - C_a$	$R_c - C_c$
不监管,绿色生产,不购买 Not regulate, Green production, Not purchase	0	$R_a - C_a$	0
不监管,传统生产,购买 Not regulate, Traditional production, Purchase	$-C_e$	R_t	$R_c - C_c$
不监管,传统生产,不购买 Not regulate, Traditional production, Not purchase	$-C_e$	R_t	0

以上策略表示的是政府、农户和消费者三方在博弈中分别采取监管、不监管；绿色生产、传统生产；购买、不购买中的一个策略所带来的收益。 x, y, z 代表监管、绿色生产和购买绿色农产品的概率或力度。策略组合(监管,绿色生产,购买)表示的是:当政府积极监管农户的生产方式并出台相关政策支持农户的绿色生产和销售,政府需要付出成本 C_a , 农户绿色生产不仅能通过销售绿色农产品获得收入 R_a , 还能得到政府收入补贴 S 和技术购买补助 W , 农产品的整体质量有所提高,消费者购买绿色农产品虽然要付出更高价格 C_c , 但同时也能因产品质量有保障而获得身体健康的收益 R_c , 随绿色农产品种类的增多和质量的提升,消费者的需求逐渐增加并越发支持政府推进绿色农业发展 B_g , 整体的社会效益增加(B_a, R_a, R_c)。此时政府的收益为 $B_a + B_g - C_g - S - W$, 农户的收益为 $B_a + S + W + R_a + R_b + C_a$, 消费者的收益为 $R_a + R_c - C_c$ 。其他博弈策略及其收益情况原理与之类似。

在前景理论的分析框架下,政府对农户绿色生产的监管成本 C_g 、政府对农户的风险补贴 S 和技术购买补助 W 仅与物价水平和相关政策规定有关,政府积极监管时,农民因进行传统生产而被处罚(或征税) P 只与处罚(税收)条例相关,消费者购买绿色农产品高于普通农产品的额外费用 C_c 只与产品定价相关,均是确定性的损失和收益,不存在感知偏差,故保持不变。 $C_e, B_a, B_b, C_a, R_t, R_a, R_b, R_c, C_a$ 这些参数具有不确定性,存在感知特征,可使用前景价值函数来刻画。

2.3 模型构建和求解

政府实行监管和不监管的期望前景价值 V_{a1} 、 V_{a2} 和平均期望前景价值 \bar{V}_a 分别为:

$$\begin{aligned}
 V_{a1} = & yz(B_a + B_g - C_g - S - W) + \\
 & y(1 - z)(B_g - C_g - S - W) + \\
 & (1 - y)z(P - C_g - C_e) + \\
 & (1 - y)(1 - z)(P - C_g - C_e) \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$V_{a2} = -(1 - y)zC_e - (1 - y)(1 - z)C_e \quad (3)$$

$$\bar{V}_a = x[yz(B_a + B_g - C_g - S - W) + y(1 - z)(B_g - C_g - S - W) + (1 - y)z(P - C_g - C_e)] + (1 - x)[- (1 - y)zC_e - (1 - y)(1 - z)C_e] \quad (4)$$

农户实行绿色生产的期望前景价值 V_{b1} , V_{b2} 和平均期望前景价值 \bar{V}_b 分别为:

$$V_{b1} = xz(B_a + S + W + R_a + R_b - C_a) + x(1 - z)(R_a + S + W - C_a)(1 - x)z(R_t + R_b - C_a) + (1 - x)(1 - z)(R_a - C_a) \quad (5)$$

$$V_{b2} = xz(R_t - P) + x(1 - z)(R_t - P) + (1 - x)(1 - z)R_t \quad (6)$$

$$\bar{V}_b = y[xz(B_a + S + W + R_a + R_b - C_a) + (1 - x)z(R_t + R_b - C_a) + (1 - x)(1 - z)(R_a - C_a)] + (1 - y)[xz(R_t - P) + x(1 - z)(R_t - P) + (1 - x)(1 - z)R_t] \quad (7)$$

消费者购买绿色农产品的期望前景价值 V_{c1} , V_{c2} 和平均期望前景价值 V_c 分别为:

$$V_{c1} = xy(B_a + R_c - C_c) + x(1 - y)(R_c - C_c) + (1 - x)(1 - y)(R_c - C_c) \quad (8)$$

$$V_{c2} = 0 \quad (9)$$

$$\bar{V}_c = z[xy(B_a + R_c - C_c) + x(1 - y)(R_c - C_c) + (1 - x)y(R_c - C_c) + (1 - x)(1 - y)(R_c - C_c)] \quad (10)$$

根据 Malthusian 的动态方程, 由式(1)~(9)可以得出政府、农户和消费者的复制动态方程为 $F(x)$, $F(y)$, $F(z)$:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1 - x)(V_{a1} - V_{a2}) = x(1 - x)[yz(B_a + B_g - C_g - S - W) + y(1 - z)(B_g - C_g - S - W) + (1 - y)z(P - C_g - C_e) + (1 - y)(1 - z)(P - C_g - C_e) - (y - 1)C_e] \quad (11)$$

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1 - y)(V_{b1} - V_{b2}) = y(1 - y)(xz(B_a + S + W + R_a + R_b - C_a) + x(1 - z)(R_a + S + W - C_a) + (1 - x)z(R_t + R_b - C_a) + (1 - x)(1 - z)(R_a - C_a) - (x(R_t - P) + (1 - x)R_t)) \quad (12)$$

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(1 - z)(V_{c1} - V_{c2}) = z(1 - z)(xy(B_a + R_c - C_c) + x(1 - y)(R_c - C_c) + (1 - x)y(R_c - C_c) + (1 - x)(1 - y)(R_c - C_c)) \quad (13)$$

上述的复制动态方程反映了博弈3方调整策略的方向。当式(11)~(13)等于0时, 演化博弈系统实现均衡。

2.4 演化最优稳定策略分析与仿真

按照 Friedman^[18] 提出的方法, 用微分方程来表示的群体动力系统均衡点的稳定性, 易知系统的雅各比矩阵如下:

$$T = \begin{pmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} & \frac{\partial F(x)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} & \frac{\partial F(y)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(z)}{\partial x} & \frac{\partial F(z)}{\partial y} & \frac{\partial F(z)}{\partial z} \end{pmatrix} \quad (14)$$

令 $F(x)=0, F(y)=0, F(z)=0$, 求出可能存在的复制动态稳定点 $(0, 0, 0)$, $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, $(0, 1, 1)$, $(1, 1, 1)$, $(1, 0, 0)$, $(1, 1, 0)$, $(1, 0, 1)$, (x^*, y^*, z^*) , (其中 (x^*, y^*, z^*) 为复制动态方程的鞍点)。在 $(1, 1, 1)$ 的前提下, 农户在政府的监管和政策帮扶下绿色生产并完成销售, 形成良好的绿色品牌效应并获得更多收入, 而消费者可以购买到有质量保证的绿色农产品, 对政府的信任和支持也会增加, 其机制效应如图1所示。

为便于分析, 仅选取该演化路径进行研究。将 $(1, 1, 1)$ 带入式(13)雅各比矩阵中, 可以得到

$$\begin{pmatrix} (-1)(B_a + B_g - C_s - S - W) & 0 & 0 \\ 0 & (-1)(B_a + S + W + R_a + R_b - C_a) & 0 \\ 0 & 0 & (-1)(B_a + R_c - C_c) \end{pmatrix} \quad (15)$$

该雅各比矩阵的特征值分别为 $I_1 = (-1)(B_a + B_g - C_s - S - W)$, $I_2 = (-1)(B_a + S + W + R_a + R_b - C_a)$, $I_3 = (-1)(B_a + R_c - C_c)$, 据 Lyapunov 稳定性理论, 若所有特征值均具有非正实部, 则系统稳

定, 否则系统不稳定^[23]。因此, 如果希望3方演化博弈能稳定在 $(1, 1, 1)$, 要满足 $B_a + B_g - C_s - S - W > 0$, $B_a + S + W + R_a + R_b - C_a > 0$, $B_a + R_c - C_c > 0$, 基于以上条件和实际情况, 本研究对参数进行了

首次赋值(表 3)。

根据 Tversky 等^[24]的研究,将前景理论的价值函数中的收益和损失函数的风险敏感度系数的值设置为 $\alpha_1=0.88, \alpha_2=0.88, \alpha_3=0.88$, 损失规避程度系数设置为 $\beta_1=2.25, \beta_2=2.25$, 把风险敏感系数和损失规避程度系数引入存在感知偏差的参数中

(表 4)。在第一次赋值之下得到模型仿真结果如图 2 所示,在该情形下,三方未能达到预期的均衡,于是本研究在仍满足上述条件下对参数进行了调整(具体调整原因将在下文详细阐释),得到模型的仿真结果为图 3,此次模拟达成了(1,1,1)的最优演化结果。

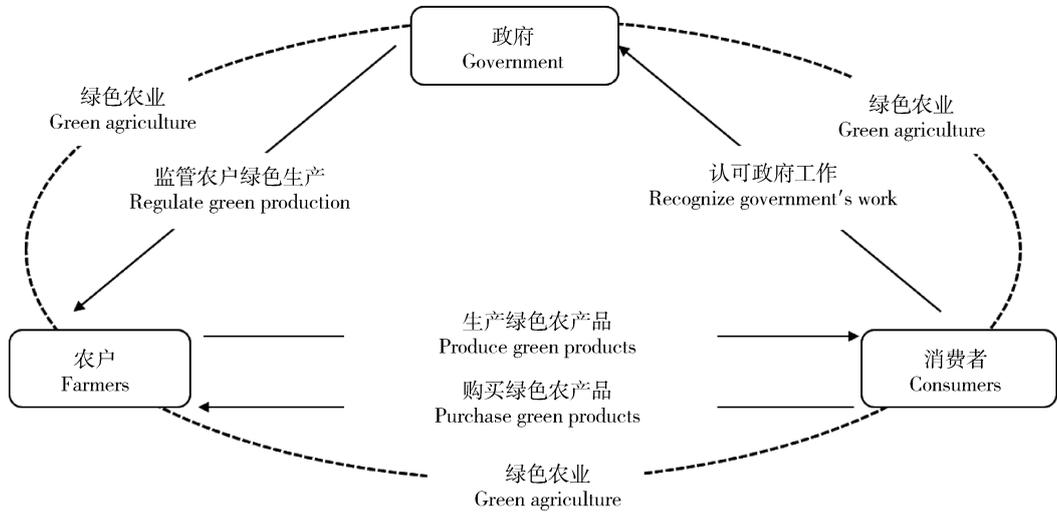


图 1 绿色农业发展机制

Fig. 1 Development mechanism of green agriculture

表 3 模型参数赋值

Table 3 Model parameter assignment

模型参数 Parameter	参数含义说明 Explanation of parameter	参数赋值 Parameter assignment
监管成本 C_g Cost for regulatory process	政府负责任监管时付出的人力、物力等相关成本	0.3
收入补贴 S Income subsidy	政府积极监管时,对农户的风险补贴的成本	0.1
技术补贴 W Technology-purchasing subsidy	政府积极监管时,对农户的技术购买补助的成本	0.1
罚款 P Punishment	政府积极监管时,农民因传统生产而受到的罚款或征税	0.3
政府收益 B_g Benefit for government	政府积极监管时,农民实行绿色生产,生态效益增加,民众对政府的认同感增强的收益	0.3
绿色农业效益 B_a Benefit of green agriculture	政府积极监管时,农民实行绿色生产,消费者购买绿色农产品,推动社会经济增长、生态良好发展的收益	0.6
环境治理费用 C_e Cost for environmental protection	政府花费的环境治理、生态修复的费用	0.4
绿色生产成本 C_a Cost of green agriculture	农户选择绿色生产付出的种植作物购买、技术应用等所需的资金投入	0.7

表3(续)

模型参数 Parameter	参数含义说明 Explanation of parameter	参数赋值 Parameter assignment
消费者绿色购买费用 C_c Cost for consumers	消费者购买绿色农产品高于普通农产品的额外费用	0.3
农户绿色收入 R_a Revenue of green agriculture	农户因采取绿色生产的产生绿色品牌效应而获得的收益	0.4
农户绿色生产额外收益 R_b Revenue of additional benefit	农户生产绿色农产品,且消费者进行了购买,使得农户获得的利润	0.3
农户传统收入 R_t Revenue of traditional agriculture	农户采取传统生产方式可以获得的利润	0.3
消费者绿色收益 R_c Revenue of buying green agriculture products for consumers	消费者购买绿色农产品后自身获得的产品质量保证、身体健康的收益	0.2

表4 存在感知偏差的参数赋值

Table 4 Parameter assignment with perceptual bias

存在感知偏差的参数 Parameter with perceptual bias	博弈方对存在感知偏差的参数的感知收益 Perceived benefits of the players to the parameters with perceived bias	参数赋值 Parameter assignment
政府收益 B_g Benefit of government	$V(B_g) = xU(B_g) + (1-x)U(0) = xB_g^{a1}$	0.35x
绿色农业效益(对政府) B_a Benefit of green agriculture for government	$V(B_a) = xU(B_a) + (1-x)U(0) = xB_a^{a1}$	0.64x
绿色农业效益(对农户) B_a Benefit of green agriculture for farmers	$V(B_a) = yU(B_a) + (1-y)U(0) = yB_a^{a2}$	0.64y
绿色农业效益(对消费者) B_a Benefit of green agriculture for consumers	$V(B_a) = zU(B_a) + (1-z)U(0) = yB_a^{a3}$	0.64z
政府环境治理费用 C_e Cost of environmental protection for government	$V(C_e) = xU(0) + (1-x)U(C_e) = \beta_1(1-x)(C_e)^{a1}$	$(1-x)$
消费者绿色购买费用 C_a Cost of green agriculture for consumers	$V(C_a) = yU(C_a) + (1-y)U(0) = \beta_2 y(-C_a)^{a2}$	1.64y
农户绿色收入 R_a Revenue of green agriculture for farmers	$V(R_a) = yU(R_a) + (1-y)U(0) = y(-R_a)^{a2}$	0.45y
农户绿色生产的额外收益 R_b Revenue of additional benefit for farmers	$V(R_b) = yU(R_b) + (1-y)U(0) = yR_b^{a2}$	0.35y
农户传统收入 R_t Revenue of traditional agriculture for farmers	$V(R_t) = yU(0) + (1-y)U(R_t) = (1-y)R_t^{a2}$	0.35(1-y)
消费者绿色收益 R_c Revenue of buying green agricultural products for consumers	$V(R_c) = zU(R_c) + (1-z)U(0) = zR_c^{a3}$	0.24z

3 模型仿真结果分析

为探究政府在初始时如果具有对绿色农业强烈的扶持意愿是否会对三方演化路径产生影响,设置初始值分别为 $x=0.5, y=0.5, z=0.5$; $x=0.9, y=0.2, z=0.5$ 。如果博弈三方在初始时对自身面临的两种策略没有偏好地随机进行选择,

即初值为 $x=0.5, y=0.5, z=0.5$ 。如果政府在初期表现出对扶植绿色农业、监管绿色生产较大的意愿,农户由于转变生产方式的成本较高在初期不愿意进行绿色生产,消费者仍在购买与不购买之间随机选择,即初值为 $x=0.9, y=0.2, z=0.5$ 。针对这两种情形进行第一次仿真分析,结果如图2(a)和(b)。

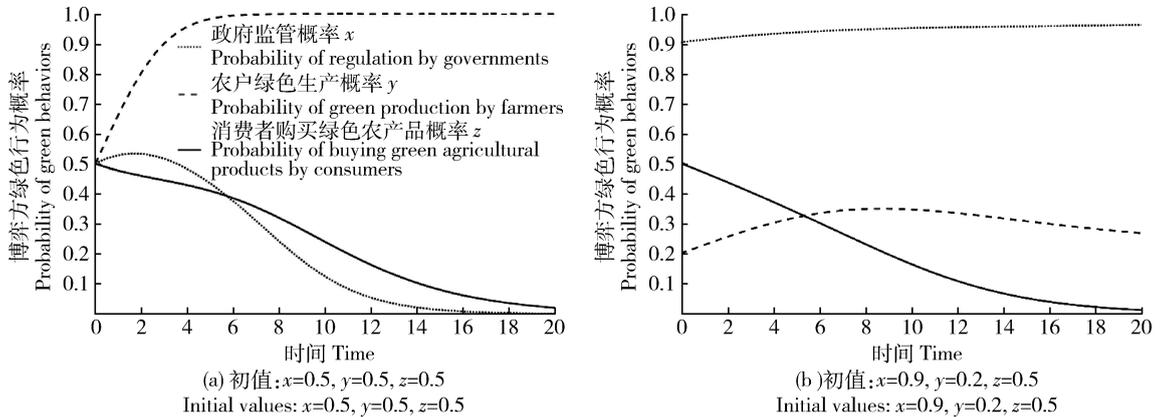


图2 第1次赋值下的三方博弈的演化路径

Fig. 2 Evolution path of tripartite game under the first assignment

由图2可知,对政府而言,绿色农业如果能有良好的发展态势意味着农民增收、消费者健康得到保证、生态效益良好、政府工作受到认可等多种收益,远高于其付出的成本,即便在前景价值函数之下,政府相比收益更在意损失,其加强绿色农业建设的意愿仍然较强。

对农户而言,进行绿色生产意味着购买绿色原材料和相关设备、学习新型生产技术等的大量投入,在尚未获得政府的充足补贴和市场的大力支持的情况下,改变生产方式的成本过高,因而大部分农户会维持原有生产方式。绿色农产品数量少,尚未形成知名绿色品牌,市场上没有相关的质量检测标准可供消费者作为购买的判断依据,消费者对于购买绿色农产品获得的身体健康、食品安全等收益的感知较弱,故不愿意购买绿色农产品。在这两种情形下系统均随时间向恶化的方向发展,无法达成最优稳定情形。

由于第一次模拟三方并未实现最优演化均衡,于是本研究对参数赋值进行了优化,设置了改进后的博弈场景(表5)。如果国家完善绿色税收体系,采取传统生产方式的农户将要为环境污染支付更高的税收,政府通过补助绿色生产相关技术的购买及

学习等费用、建立绿色农业专项扶植基金等方式降低农户要承担的资金费用。当全社会树立了绿色环保观念时,农户对于自己绿色生产对社会作出贡献的感知收益增强。因环境改善,政府相关部门受民众的认可程度也会相应有所增加。当优质、健康的绿色食品逐渐成为消费者青睐的商品时,农户销售绿色农产品能够获得更多的利润。随着绿色农产品的增加,市场不断完善,相关绿色食品质量标准应运而生,消费者因购买绿色农产品而获得的质量保证和健康收益随之提升,在此种情形的演化路径如图3所示,此次三方均达成了最优演化路径。

对比第一次赋值(图2)和第二次赋值(图3)下的演化路径,可以看出在政府强有力的支持和监管之下,农户对绿色生产要付出成本的感知降低,对收益的感知提高。在新的博弈环境中,农户进行传统生产要面临更高的税收惩罚,选择绿色生产虽然仍面临着较大的成本投入和消费者不买账的风险,但其对绿色生产能获得的物质补贴和生态效益的感知也在增强,权衡之下绿色生产成为农户的更优选择。当越来越多的农户投入到绿色生产模式中时,大量绿色农产品涌入市场,相关质量标准不断被提出和完善,消费者对绿色农产品的认知更加完善、购买意

表5 模型参数赋值调整

Table 5 Model parameter assignment adjustment

模型参数 Model parameter	参数含义说明 Explanation of parameter meaning	第1次赋值 First-time assignment	第2次赋值 Second-time assignment
罚款 Punishment	政府积极监管时,农民因传统生产而受到的罚款或征税	0.3	0.4
农户绿色生产成本 Cost of green agriculture for farmers	农户选择绿色生产付出的种植作物购买、技术应用等所需的资金投入	1.64y	0.55y
农户绿色收入 Revenue of green agriculture for farmers	农户因采取绿色生产的产生绿色品牌效应而获得的收益	0.45y	0.64y
政府收益 Benefit for government	政府积极监管时,农民实行绿色生产,生态效益增加,民众对政府的认同感增强的收益	0.35x	0.82x
农户绿色生产额外收益 Revenue of additional benefit for farmers	农户生产绿色农产品,且消费者进行了购买,使得农户获得的利润	0.35y	0.54y
消费者绿色收益 Revenue of buying green agricultural products for consumers	消费者购买绿色农产品后自身获得的产品质量保证、身体健康的收益	0.24z	0.45z

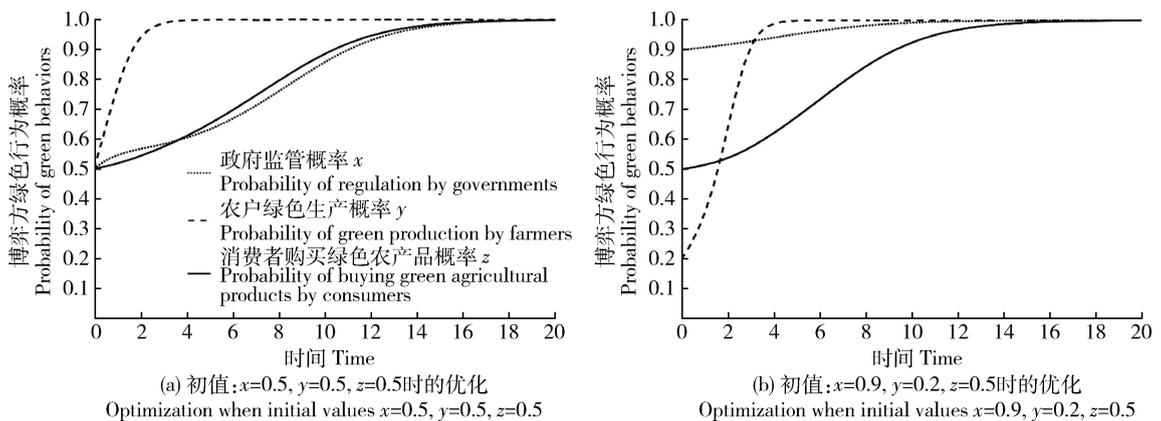


图3 第二次赋值下的三方博弈的演化路径

Fig. 3 Evolution path of tripartite game under the second assignment

愿更强,使得农户收入增加,进一步激励农户进行绿色生产,绿色农业发展机制逐步达成。

4 偏好与制度的共同演化机制

前述演化博弈结果显示:调整激励的赋值,提高政府积极监管所获得的感知收益,在增加农户传统生产要付出的惩罚成本的同时也加强其采取绿色生产受到的补贴额度,提高消费者购买绿色农产品的

感知收益,三方偏好能够发生转变,最终形成最优的绿色农业发展机制。为深入阐释三方偏好转变的动因,本研究将分析政府行为如何影响农户和消费者的偏好演化,偏好演化又如何和制度演化相互作用,最后达到理想的稳定状态。

在演化的初期,如果维持原有成本和收益不变,博弈将无法朝理想的方向演化(图4)。一个启发式的制度演化过程为:某些创新者偏离原有行动规则

后获得了更高的收益,此时其他参与者发现采取类似行动能够获得更高的预期收益,他们就会学习创新者的行动,原来的行动规则就会失衡,而新的行动规则就会在参与者的互动学习过程中产生^[19]。实际上,政府可以担当这个“创新者”的角色,率先发出动作,通过自身行为的改变影响农户和消费者的偏好和决策(图 4)。具体而言,政府可以依据物质收益变化、信念变化、价值变化、心智模式变化 4 种驱动模式采取相应政策措施,改变其他参与者的收益和偏好演变路径,建立新的行动规则^[25]。

从物质收益角度来看,农户的物质收益主要受绿色生产投入费用、政府的补贴额度、绿色农产品价格和销量等因素影响,政府降低农户自身为绿色生产付出的资金投入能有效推动绿色生产成为农户偏好演化的方向。

在信念和价值变化上,在绿色农业发展初期,社会对农业生产方式、农产品质量等问题的关注度较低、重视程度不足^[26],大部分农户会预判采取绿色生产的效益不高,其他农户从事绿色生产的几率不大,对自己的农产品销售构不成威胁,进而维持旧有生产方式。消费者的信念与之类似:绿色农产品市场尚未成熟,农产品的质量无从追溯,为绿色农产品支付额外价格并无太大效益。此时就需要政府采取一定措施改变二者的信念与价值判断。对于农户,

政府可为其提供相关的市场服务如专家咨询和技术指导等,使其认识到绿色生产的潜在价值,提升其对转变生产方式的价值感知。对于消费者,政府可通过制定绿色标准、培育公共绿色品牌来展示绿色农产品的健康属性,使得消费者对于购买绿色农产品的感知收益提高。

在心智模式的改变上,政府需加强对绿色发展理念的宣传和引导,提高全社会对资源和环保的认识,推动全民认知结构的变化。但心智模式的变化意味着全社会文化、道德、观念、知识等多方面的改观,是一个长期的学习的过程,由于中国农业人口多、农业绿色发展尚处于较低水平,在该层面推进绿色农业发展将会是一场持久战。

在绿色农业建设过程中,政府率先采取举措能够从多维度改变农户和消费者的感知收益,影响其偏好,使其在决策时增加对社会、生态效益的考量。如果绿色农业的宣传推广工作的效果良好,社会形成了环保、低碳、可持续发展的价值判断和共同认知,那么农户绿色生产获取的收益不仅高于原有制度下传统生产的收益,甚至会因系统环境和其他参与者偏好和策略变化的影响而高于原有制度下绿色生产的收益,那么越来越多的农户就会偏离原有制度,并通过互动学习来建立新的制度,绿色农业发展不断向更好的方向演进。

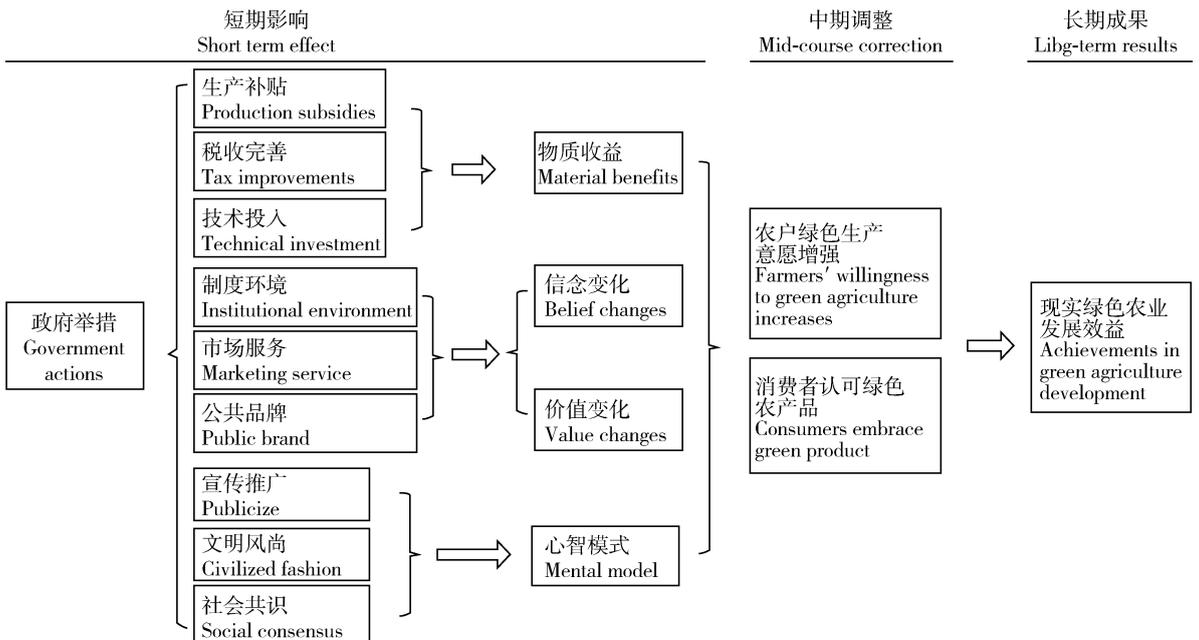


图 4 绿色农业发展的演化机制

Fig. 4 Evolution mechanism of green agriculture development

在该系统中,偏好和制度的最优共同演化路径实际是政府、农户和消费者之间通过不断互动学习使得农业绿色发展成为能获得最高感知价值收益的均衡状态的历程。随着偏好和制度的共同演进,社会各方达成绿色共识,农户、消费者的收益增加,心智模式得以根本性的转变,最终倾向于绿色偏好,绿色农业发展的机制效益得以达成(如图4)。

5 案例分析

在推动绿色农业发展机制的演进上,我国一些地区已有成功的实践经验。以下选取山东寿光绿色农业园区、福建泉州安溪现代茶叶产业园、山西长治

绿色有机旱作农业3个案例进行分析,进一步验证以上得出的演化规律,具体内容如表6所示。在政府出台的相关政策中,奖励或补贴可以改变农户的物质收益,监管力度加强、科研和技术推广投入增大能够改变农户的信念和价值判断,政策指引和宣传工作可同时改变农户和消费者的心智模式。在4种驱动力共同作用下,农户和消费者均逐渐形成绿色偏好。农户的偏好转变体现在其种植方式的改变上。消费者的偏好转变则间接体现在农户增收上,其原理为:由于消费者绿色偏好增强,会主动购买更多绿色农产品,农户因此获得更多收入。

表6 绿色政策实施前后案例比较分析

Table 6 Comparative case analysis of the situation before and after green policies

阶段 Stage	类型 Type	绿色农业园区 Green agricultural parks	现代茶业产业园 Modern tea industrial park	绿色有机旱作农业 Green organic dryland farming
		山东省寿光市 Shouguang, Shandong	福建省泉州市安溪县 Anxi, Quanzhou, Fujian	山西省长治市潞城区 Lucheng, Changzhi, Shanxi
政策出台前 Before green policies come out	传统农业状况 Situation of traditional agriculture	农户:整体素质不高、环保意识较弱。 污染问题严重:农药化肥的大量使用、秸秆焚烧等行为造成了严重污染。 绿色农业技术:普及程度低,农户的掌握度差 ^[27] 。	茶叶种植分散:未形成知名茶叶品牌 种植方式落后:茶叶产量低、质量差,易造成污染 农户无风险意识:收入受天灾等意外情况的影响较大	农业种植问题:农产品的品种少,种植技术落后,产量易受干旱天气影响。农户收入低,存在土地弃耕问题。 污染严重:农药、化肥无节制使用,影响周边生态环境。
	物质收益 Material benefits	补贴或奖励:土地、资金、技术入股和农村社区股份制改革等形式来提升农民的财产性收入,提高对农业的各项补贴。	补贴或奖励:对认证中国驰名商标的企业给予100万元一次性奖励。 保险和金融服务:县财政出资对全县4万hm ² 茶园统一投保。设立农行安溪茶都支行供抵押贷款等金融服务。	补贴或奖励:实施农业支持保护性补贴,给予补贴资金约1797万元,补贴面积达1.79hm ² 。
依据偏好演化驱动力划分的相关政策 Policies based on the evolutionary drivers of preferences	信念变化或价值变化 Change in beliefs or in values	监管:要求各类型农业园区在农产品开发、种养殖过程中重视绿色要素的发展。 技术投入:建立各类技术研发机构和成果实验基地,如潍坊科技学院绿色设施农业科学研究所、寿光市农业技术推广协会等,形成较为完善的绿色成果推广体系	监管:制定并推行《地理标志产品:安溪铁观音》等“四个标准体系”,成立全国茶叶标准化技术委员会乌龙茶工作组 技术投入:茶园采取节水灌溉,去化学农药化工程333hm ² ,示范推广声光电智能虫害防治技术333hm ² 。	技术投入:研发机械化保护性耕作、选取抗旱品种、采取抗旱节水灌溉等有机旱作农业体系,培育出熬脑大葱、合室小米和成家川旱地西红柿等一批高产稳产的有机旱作农产品品牌。

表6(续)

阶段 Stage	类型 Type	绿色农业园区	现代茶业产业园	绿色有机旱作农业
		Green agricultural parks	Modern tea industrial park	Green organic dryland farming
		山东省寿光市 Shouguang, Shandong	福建省泉州市安溪县 Anxi, Quanzhou, Fujian	山西省长治市潞城区 Lucheng, Changzhi, Shanxi
	心智模式 Mental models	政策指导:制定并实施激励性政策,从农产品开发、种养殖等不同环节关注绿色发展要素 宣传推广:对全市农村居民开展绿色文化知识和技术教育,举办“最美城乡绿色保洁员”推选、“绿色村庄”等绿色文化活动	政策指导:当地政府出台《安溪县扶持国家现代茶业产业园建设的优惠措施》,推进当地茶产业发展。 宣传推广:发展电子商务和跨境电商,国内国外、线上线下同下共同发展。在国内铁观音主销区建设了一批品牌形象展示中心。在海外推进安溪铁观音载入中欧地理标志协定谈判目录,在35个国家和地区注册商标。	政策指导:当地政府出台《推进农业产业结构调整促进农业提质增效的意见》、《潞城绿色有机旱作农业示范市创建方案》和《潞城市创建辛安泉绿色有机核桃(小杂粮)封闭示范区实施方案》相关文件。 宣传推广:创建占地227hm ² 的辛安泉绿色有机旱作农业封闭示范区,建立8个绿色有机产业示范园。
政策出台后 After green policies come out	绿色农业发展成效 Achievements in green agriculture development	绿色农产品种类增多:企业与农业园区协力开发品牌价值较高的绿色农产品。 绿色农业创新力提高:截止2018年末,寿光市76家涉农企业具有绿色农业技术创新能力。截止2019年9月,寿光市共开发绿色农产品26个,带动36家农业园区、683户农民从事绿色农业生产和经营 ^[28] 。	经济效益显著:产业园内茶业总产值120亿元,占全县茶业总产值的72.43%。 2018年茶叶的电商交易额达32亿元。 农民增收明显:2018年园内农民人均可支配收入达22571元,较全县农民人均可支配收入高出38%。 消费者购买的茶叶品质更好;茶园施用农家肥并套种大豆,产出的茶叶更佳。	农户增收明显:2018年潞城市农村居民的人均可支配收入增长9.1%,达到1.43万元。农产品加工企业销售总额增长7.2%,达10.98亿元。 农产品质量提高:“三品一标”主体认证共22个,认证面积7533hm ² ,标准化生产率达32.33%。13.6hm ² 设施蔬菜受到改造,开发134hm ² 露地绿色蔬菜。

从上述3个案例可看出,绿色农业发展机制的成功实现大体依照“政府采取行动—农户偏好改变—农户绿色生产,市面上出现更多绿色农产品—消费者购买绿色农产品偏好增加—三方互动学习引起制度改变—进一步作用于绿色农业机制—机制效益达成”的路径,与上述理论分析相符。

6 结论与启示

本研究的结论为:1)目前我国大部分地区的绿色农业发展正处于演化的初期阶段,受到土地、技术、基础设施等多方面的制约,对大多数小规模生产的农户而言引入绿色农业种植技术成本较高且带来的经济效益并不显著,因此不愿进行绿色生产。

2)农户绿色生产意愿弱,绿色农产品数量少且无充分质量保证,消费者购买绿色农产品获得的收益并不显著,因而购买意愿较低。3)要想达到政府、农户和消费者共同参与绿色农业发展的均衡状态,要从整体上构建1个与绿色生产、绿色消费相适应的制度环境。4)要改变原有制度演化进程,需要1个“创新者”率先偏离既定规则并取得更高收益,政府可充当该角色。

本研究的启示是:要构建1个与绿色发展相适应的制度体系,政府可从以下角度出发:1)结合当地农户特点制定补贴政策和奖励机制,提高农户的物质收益,减轻其资金投入负担并增强其发展信心。2)着力安排专业人员对农民进行绿色观念的普及和

新技术的讲授,将绿色农业知识和农业技术推广到农民中去,提高其对生态效益的价值认知。通过扶持绿色生产龙头企业、建立农业绿色生产示范区、绿色生产大户等方式,使得农户看到农业绿色生产的成功典型,改变其旧有的认知。3)制定有效的农业生态净化措施及检测标准,促进绿色农业规范化生产,为农户生产方式的转变提供方向和指导。4)制定统一的、有公信力的绿色农产品标准,提供有力的绿色农产品甄别信号,激发消费者的购买动力。5)通过知识宣讲、自然教育、农旅文化等手段提高公众对绿色农业的整体认知,推动全社会成员自觉遵守和践行绿色生产和消费的文明风尚。最终协同政府、农户和消费者参与到绿色农业发展的建设中来,有效构建绿色农业发展机制,达成绿色农业的增效路径。

参考文献 References

- [1] 李谷成. 依靠绿色生产转变农业发展方式[N]. 中国社会科学报, 2017-03-08(4)
Li G C. Change the mode of agricultural development by relying on green production [N]. *Chinese Social Sciences*, 2017-03-08(4) (in Chinese)
- [2] 孟祥海, 周海川, 杜丽永, 沈贵银. 中国农业环境技术效率与绿色全要素生产率增长变迁: 基于种养结合视角的再考察[J]. 农业经济问题, 2019(6): 9-22
Meng X H, Zhou H C, Du L Y, Shen G Y. The change of agricultural environmental technology efficiency and green total factor productivity growth in China: Re-examination based on the perspective of combination of planting and breeding[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2019(6): 9-22 (in Chinese)
- [3] 魏琦, 张斌, 金书秦. 中国农业绿色发展指数构建及区域比较研究[J]. 农业经济问题, 2018(11): 11-20
Wei Q, Zhang B, Jin S Q. A study on construction and regional comparison of agricultural green development index in China[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2018(11): 11-20 (in Chinese)
- [4] 肖琴, 罗其友, 周振亚, 何英彬. 中国农业绿色生产效率的动态变迁与空间分异: 基于 DDF-Global Malmquist-Luenberger 指数方法的分析[J/OL]. 农林经济管理学报, 2020(11): 1-11
Xiao Q, Luo Q Y, Zhou Z Y, He Y B. Dynamic evolution and spatial differentiation of agricultural green production efficiency in China: An analysis based on DDF-Global Malmquist-Luenberger index [J/OL]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2020(11): 1-11 (in Chinese)
- [5] 农业农村部. 农业绿色发展技术导则: 2018—2030 年[J]. 农
技服务, 2019, 36(1): 1-8
Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Technical guidelines for green development of agriculture: 2018—2030 [J]. *Agricultural Technology Service*, 2019, 36(1): 1-8 (in Chinese)
- [6] 金书秦, 牛坤玉, 韩冬梅. 农业绿色发展路径及其“十四五”取向[J]. 改革, 2020(2): 30-39
Jin S Q, Niu K Y, Han D M. The path of agricultural green development and its orientation in the 14th five-year plan period[J]. *Reform*, 2020(2): 30-39 (in Chinese)
- [7] 许炬, 宋微. 乡村振兴视域下农业绿色发展评价研究[J]. 学习与探索, 2021(3): 130-136
Xu H, Song W. Study on the evaluation of agricultural green development from the perspective of rural revitalization[J]. *Study & Exploration*, 2021(3): 130-136 (in Chinese)
- [8] 赵大伟. 我国绿色农业发展的博弈分析[J]. 统计与决策, 2013(12): 75-76
Zhao D W. Game analysis of green agriculture development in China [J]. *Statistics & Decision*, 2013(12): 75-76 (in Chinese)
- [9] 张笑寒, 汤晓倩. 农业产业化联合体参与主体的绿色生产行为研究: 基于政府激励视角[J]. 农林经济管理学报, 2021, 20(2): 187-198
Zhang X H, Tang X Q. Study on green production behavior of participating subject of agricultural industrialization union: From the perspective of government incentives[J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2021, 20(2): 187-198 (in Chinese)
- [10] 黄炎忠, 罗小锋, 李容容. 农户认知、外部环境与绿色农业生产意愿: 基于湖北省 632 个农户调研数据[J]. 长江流域资源与环境, 2018(3): 680-687
Huang Y Z, Luo X F, Li R R. Farmer cognition, external environment and willingness of green agriculture production: Based on the survey data of 632 farmers in Hubei Province[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018(3): 680-687 (in Chinese)
- [11] 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
Bai S Z, Zheng J, Wu R. Game analysis of cooperative evolution between green production and green consumption of agricultural products [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, 45(10): 316-319 (in Chinese)
- [12] 靳明, 郑少锋. 我国绿色农产品市场中的博弈行为分析[J]. 财贸经济, 2006(6): 38-41
Jin M, Zheng S F. Analysis of game behavior in green agricultural products market in China[J]. *Finance & Trade Economics*, 2006(6): 38-41 (in Chinese)
- [13] 傅丽芳, 邓华玲, 魏薇, 徐诗阳. 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
Fu L F, Deng H L, Wei W, Xu S Y. Analysis of influencing

- factors and consumption behavior of green agricultural products based on Probit model [J]. *Ecological Economy*, 2014, 30(7): 60-64 (in Chinese)
- [14] 崔和瑞, 赵天. 二元视角下绿色农业技术扩散的演化博弈分析[J]. 科技管理研究, 2018, 38(10): 251-257
Cui H R, Zhao T. Analysis on evolutionary game of technology diffusion of green agriculture from the perspective of ambidexterity theory [J]. *Science and Technology Management Research*, 2018, 38(10): 251-257 (in Chinese)
- [15] 陆杉, 李丹. 基于利益博弈的农业产业链绿色化发展研究[J]. 中南大学学报: 社会科学版, 2018, 24(6): 124-131, 154
Lu S, Li D. Incremental development: Theoretical analysis of China's political development over the past four decades of the reform and opening-up [J]. *Journal of Central South University: Social Sciences*, 2018, 24(6): 124-131, 154 (in Chinese)
- [16] 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, 37(2): 189-199
Zuo W M, Mo X H, Chen H Q. A literature review of consumption pattern in China [J]. *Business Management Journal*, 2015, 37(2): 189-199 (in Chinese)
- [17] Friedman D. On economic applications of evolutionary game theory[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 1998, 8(1): 15-43
- [18] Friedman D. Evolutionary games in economics [J]. *Econometrica*, 1991, 59(3): 637-666
- [19] 黄凯南, 黄少安. 认知理性与制度经济学[J]. 南开经济研究, 2009(6): 3-17
Huang K N, Huang S A. Cognitive rationality and institutional economics [J]. *Nankai Economic Studies*, 2009 (6): 3-17 (in Chinese)
- [20] 黄凯南. 主观博弈论与制度内生演化[J]. 经济研究, 2010, 45 (4): 134-146
Huang K N. Subjective games and endogenous evolution of institutions [J]. *Economic Research Journal*, 2010, 45 (4): 134-146 (in Chinese)
- [21] 杨芷晴, 孔东民. 我国农业补贴政策变迁、效应评估与制度优化 [J]. 改革, 2020(10): 114-127
Yang Z Q, Kong D M. The evolution, effect and optimization of China's agricultural subsidy policy [J]. *Reform*, 2020(10): 114-127 (in Chinese)
- [22] Kahneman D. A psychological perspective on economics [J]. *The American Economic Review*, 2003, 93(2): 162-168
- [23] Kalman R E, Bertram J F. Control system analysis and design via the second method of Lyapunov [J]. *Journal of Fluids Engineering*, 1960(88): 371, 394
- [24] Tversky A. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty [J]. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1992(5): 297-323
- [25] North D C. *Understanding the Process of Institutional Change* [M]. Princeton: Princeton University Press, 2005
- [26] 陆杉, 李丹. 基于利益博弈的农业产业链绿色化发展研究[J]. 中南大学学报: 社会科学版, 2018, 24(6): 124-131, 154
Lu S, Li D. Incremental development: Theoretical analysis of China's political development over the past four decades of the reform and opening-up [J]. *Journal of Central South University: Social Sciences*, 2018, 24(6): 124-131, 154 (in Chinese)
- [27] 殷佳慧. 现代农业生产方式转变面临的问题及对策: 以山东省寿光市为例 [J]. 农村经济与科技, 2021, 32(2): 254-255
Yin J H. Problems and countermeasures of the transformation of modern agricultural production mode: Taking Shouguang City as an example [J]. *Rural Economy and Science-Technology*, 2021, 32(2): 254-255 (in Chinese)
- [28] 葛晓军. 扶持农业园区绿色发展的县域绿色农业创新体系构建研究 [J]. 北方园艺, 2020(20): 146-153
Ge X J. Research on the constitution of country green agriculture innovation system to support green development of agriculture parks [J]. *Northern Horticulture*, 2020(20): 146-153

责任编辑: 王岩