

周 雪,王冀宁. 转基因食品安全监管的演化博弈分析[J]. 江苏农业科学,2014,42(10):463-466.

转基因食品安全监管的演化博弈分析

周 雪,王冀宁

(南京工业大学经济与管理学院,江苏南京 210009)

摘要:运用经济学演化博弈的方法,分析了转基因食品安全监管中食品生产商与政府监管部门行为的动态演化过程,并且用数值仿真展示了演化结果。结果表明:政府监管部门的监管力度、处罚力度以及对监管部门成功监管的奖励力度的大小对于转基因食品市场的健康发展有至关重要的影响;大力增加惩罚金额可以使得食品生产商与政府监管部门的博弈策略走向理想化模式;适当的监管有利于调节转基因食品生产商的收益,发挥监管部门的监管作用,同时也可以发挥市场机制的淘汰作用。应加大对政府监管部门成功监管的奖励力度,建立科学的监管考核机制,调动监管部门监管积极性,保证转基因食品市场健康发展。

关键词:转基因食品;政府监管;演化博弈;数值仿真;动态方程

中图分类号: F20 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0463-04

近年来,随着越来越多的食品安全事件被曝光,公众对于食品安全问题的关注也日益加强。一直备受争议的转基因食品安全问题再次成为公众关注的焦点。由于转基因技术只是通过改变作物的染色体来加强原作物的性状与机能,并没有改变原作物的外观与味道,因此,转基因食品与非转基因食品在外观、味道上并无差别,消费者难以辨别转基因食品与非转基因食品,也很难辨别市场上销售的食物是否含有转基因成分^[1-2]。转基因食品标志是转基因食品市场管理的重要内容。目前,欧盟各国已经出台了转基因食品标志制度,2003年7月,欧洲议会与欧盟委员会批准了2个关于转基因生物管理的新条例:《关于转基因食品和饲料的管理条例》《关于转基因生物的可追踪性和标志及由转基因生物制成的食品和饲料产品的可追踪性的条例》。我国也于2008年制定了《食品标志管理规定》,规定“属于转基因食品或者含有法定转基因原料的,应当在食品标志上标注中文说明”。转基因食品安全是一个经济问题,它关乎生产者、销售者、消费者以及政府监管部门的利益。转基因食品安全问题是一个系统问题,

其相关利益主体之间的利益制衡、风险监管、信任管理体系等并不是孤立的,而是一个完整化、系统化的有机整体。正是由于各个环节都存在着严重的问题,才会导致消费者对转基因食品市场的信任度急剧下降。由于消费者对转基因食品的辨别能力有限,即使消费者知道该食品是转基因食品也无法辨别该食品是否安全,因此,转基因食品市场信息是不对称的。市场中各个利益相关者都追求自身利益最大化,消费者明显处于劣势,因此,转基因食品市场能否均衡取决于政府监管部门与食品生产部门的博弈策略选择。本研究运用经济学演化博弈的知识,展示了转基因食品安全监管过程中食品生产者与政府监管部门行为的动态演化过程,并且用数值仿真分析了演化结果,旨在为促进我国转基因食品市场健康发展提供依据。

1 模型的建立与分析

1.1 模型的假设

本研究采用演化博弈方法分析监管部门与转基因食品生产商博弈策略选择,为了构建模型并且计算方便,进行假设:

(1)假设博弈的双方即转基因食品生产商与政府监管部门都是有限理性的,他们的行为策略是:生产商(负责 A_1 ,不负责 A_2),监管部门(监管 B_1 ,不监管 B_2),两者都可以随机独立地进行策略选择,并且可以同时重复进行博弈。

(2)假定在博弈的初期,生产商选择选择负责任、安全生产的概率为 p ,选择不负责任、生产未标志的转基因产品甚至

收稿日期:2013-12-17

基金项目:国家社会科学基金重大攻关项目(编号:12&ZD204);国家自然科学基金(编号:71173103/G0310)。

作者简介:周 雪(1990—),女,江苏宜兴人,硕士,主要从事科技金融、食品安全等研究。E-mail:zhou_950@126.com。

通信作者:王冀宁,博士,教授,主要从事科技金融、食品安全等研究。

究与技术推广之间的联系互动,方便农业生产者在生产中及时获得技术服务。

充分发挥农业科技档案在科研成果转化和推广中的参与、媒介和桥梁作用,需要档案工作进一步转变观念,转变服务方式,并且对档案工作者自身能力素质也提出了更高要求,需要具备档案知识、农业科技专业知识、信息化技术的综合性人才,以充分利用现代技术,深入挖掘科技档案的潜在价值,加快向现实生产力转化步伐,为我国农业生产、农村经济发展作出贡献。

参考文献:

- [1]陈 靖. 加快科技档案商品化的途径[J]. 机电兵船档案,2012(6):27-28.
- [2]王郁华. 论如何完善数字化档案管理体系[J]. 兰台世界,2008(9):34.
- [3]王东梅,于敏慧. 浅谈农业科技档案的开发利用[J]. 黑龙江档案,2009(2):40.
- [4]杨玉萍,贺连昌. 应使农业科技成果迅速转化为生产力[J]. 档案学通讯,1996(1):23-24.

用转基因食品代替非转基因食品的概率为 $1 - p$ 。政府监管部门选择监管的概率为 q , 选择放任不监管的概率为 $1 - q$ 。

(3) 转基因食品生产商负责任、安全生产食品的收益为 R , 生产未标志的转基因食品或者用转基因食品代替非转基因食品所获得的收益为 R_1 ($R_1 > R$), 被查处后处罚的金额为 R_2 , 生产商因为发生食品安全问题所蒙受的社会损失为 H ; 政

府监管部门正常监管的效用为 V , 监管负责任、安全生产的生产商的成本为 C_1 , 监管不负责任生产商的成本为 C_2 。监管部门失职不监管所带来的社会成本为 C_3 , 监管部门成功查处不负责任的生产商的概率为 a , 所获得的声誉报酬及奖励为 F 。根据以上假设, 得到转基因食品生产商、监管部门的支付矩阵 (表 1)。

表 1 转基因食品生产商、监管部门的支付矩阵

生产商策略	监管部门作为	
	监管	不监管
负责任安全生产	$R, V - C_1$	R, V
不负责任假冒生产	$R_1 - aR_2 - H + (1 - a)R, V - C_2 + aF$	$R_1 - H, V - C_3$

为了使博弈双方的支付符合实际条件, 假定 $R + H - R_1 > 0$, 表明食品生产商不负责任甚至假冒生产转基因食品一旦被查处后, 受处罚的金额要大于没有被查处时所获得的超额利润, 这样才能有效抑制生产商不负责任甚至假冒生产。 $(1 - a)R - aR_2 > 0$ 表明食品生产商未被查处时所获得的利润大于被查处后的处罚金额。 $C_3 + aF - C_2 > 0$ 表明监管部门监管转基因食品市场的成本大于不监管时的成本。

1.2 模型分析

运用演化博弈的复制动态方程来求解该博弈的演化策略^[3-4]。转基因食品生产商选择负责任、不负责任 2 种策略的收益分别为 U_{11} 、 U_{12} , 平均收益为 U_1 。政府监管部门选择监管、不监管 2 种策略的收益分别为 U_{21} 、 U_{22} , 平均收益为 U_2 。

$$U_{11} = q(R) + (1 - q)(R); \tag{1}$$

$$U_{12} = q[R_1 - aR_2 - H + (1 - a)R] + (1 - q)(R_1 - H); \tag{2}$$

$$U_1 = pU_{11} + (1 - p)U_{12}; \tag{3}$$

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial p^*}{\partial q} & \frac{\partial p^*}{\partial p} \\ \frac{\partial q^*}{\partial p} & \frac{\partial q^*}{\partial q} \end{bmatrix} = \left\{ \begin{array}{ll} (1 - 2p)[R + H - R_1 - q(R - aR - aR_2)] & p(1 - p)(R + H - R_1) \\ q(1 - q)(C_3 - C_2 + aF) & (1 - 2q)[C_3 - C_2 + aF - p(C_1 + aF + C_3 - C_2)] \end{array} \right\};$$

$$DetJ = (1 - 2p)(1 - 2q)[R + H - R_1 - q(R - aR - aR_2)][C_3 - C_2 + aF - p(C_1 + aF + C_3 - C_2)] - pq(1 - p)(1 - q)(R + H - R_1)(C_3 - C_2 + aF);$$

$$U_{21} = p(V - C_1) + (1 - p)(V - C_2 + aF); \tag{4}$$

$$U_{22} = p(V) + (1 - p)(V - C_3); \tag{5}$$

$$U_2 = qU_{21} + (1 - q)U_{22}. \tag{6}$$

根据 Malthusian 动态方程, 某策略的增长率与其相对适应性是相等的, 即只要采取该策略的个体适应度高出群体的平均适应度, 那么随着时间 t 的推移, 这个策略被选的概率就会上升^[5]。由此可以算出转基因食品生产商与监管部门策略交往随着时间演化的动力学方程:

$$dp/dt = p(1 - p)[R + H - R_1 - q(R - aR - aR_2)]; \tag{7}$$

$$dq/dt = q(1 - q)[C_3 - C_2 + aF - p(C_1 + aF + C_3 - C_2)]. \tag{8}$$

一个由微分方程系统描述的群体动态, 可以分析这个系统的雅克比矩阵的局部稳定性, 从而找到均衡点, 采用 Jacobian 矩阵的局部稳定分析方法来研究上述方程 (7) 与方程 (8) 组成系统的稳定性。方程 (7) 与方程 (8) 组成的雅克比矩阵记为 J , J 的行列式记为 $Det J$, 迹为 $Tr J$ 。系统的局部演化稳定性结果如表 2 所示。

$$TrJ = (1 - 2p)[R + H - R_1 - q(R - aR - aR_2)] + (1 - 2q)[C_3 - C_2 + aF - p(C_1 + aF + C_3 - C_2)].$$

表 2 系统的局部演化稳定性结果

均衡点	$DetJ$	符号	TrJ	符号	结果
$p = 0, q = 0$	$(R + H - R_1) \times (C_3 - C_2 + aF)$	+	$(R + H - R_1) + (C_3 - C_2 + aF)$	+	不稳定点
$p = 0, q = 1$	$(H + aR + aR_2 - R_1) \times [-(C_3 - C_2 + aF)]$	+	$(H + aR + aR_2 - R_1) + [-(C_3 - C_2 + aF)]$	-	ESS
$p = 1, q = 0$	$[-(R + H - R_1)] \times (-C_1)$	+	$[-(R + H - R_1)] + (-C_1)$	-	ESS
$p = 1, q = 1$	$(H + aR + aR_2 - R_1) \times (-C_1)$	+	$(H + aR + aR_2 - R_1) + (-C_1)$	+	不稳定点
$p = (C_3 - C_2 + aF)/(C_1 + aF + C_3 - C_2)$ $q = (R + H - R_1)/[(1 - a)R - aR_2]$	$[(C_3 - C_2 + aF)/(C_1 + aF + C_3 - C_2)] \times \{(R + H - R_1)/[(1 - a)R - aR_2]\} \times (H + aR + aR_2 - R_1) \times (-C_1)$	-	0		鞍点

由均衡点处的雅克比矩阵的特征值可知: D 点为鞍点, $U(1, 0)$ 、 $W(0, 1)$ 为演化稳定点, 是演化稳定战略 (ESS)。 $O(0, 0)$ 、 $V(1, 1)$ 为不稳定点, 转基因食品生产商与政府监管部门的复制动态过程如图 1 所示。

由表 2 可知, 系统中有 2 个平衡点是稳定的, 分别对应 (A_2, B_1) 、 (A_1, B_2) 2 个模式。 (A_2, B_1) 模式代表生产商生产不标志的转基因食品或者假冒非转基因食品和监管部门监管, (A_1, B_2) 代表生产商安全生产标志转基因食品和监管部

门不监管。图 1 中 2 个不稳定点 $(0,0)$ 、 $(1,1)$ 与鞍点 D $\left(\frac{C_3 - C_2 + \alpha F}{C_1 - C_2 + C_3 + \alpha F} \cdot \frac{R + H - R_1}{(1 - \alpha)R - \alpha R_2} \right)$ 连成的折线可以看做是临界线,折线左边的点收敛于 (A_2, B_1) 模式,即食品生产商选择不负责任、不安全生产,监管部门选择监管。这种模式是一种不良“锁定”状态,因为一旦形成这种演化稳定战略,其他模式将逐步消失。折线右边的点收敛于 (A_1, B_2) 模式,即食品生产商选择负责任安全生产,监管部门选择不监管,这是一种较为理想的状态。

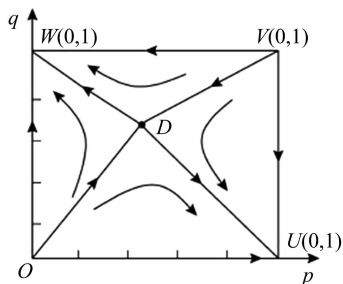


图1 转基因食品生产商与政府监管部门的复制动态过程

2 仿真数值试验

采用数值仿真试验方法,探讨选择某种策略的初始人群比例、政府监管部门的处罚力度、监管力度以及对监管部门成功监管的奖励力度变化对演化结果的影响。

2.1 选择某种策略的初始人群比例变化对演化结果的影响

图 2 中, p_0 表示食品生产商选择策略 A_1 的初始人群比例, q_0 表示监管部门选择策略 B_1 的初始人群比例。参数取值分别为: $R = 20$, $R_1 = 25$, $R_2 = 10$, $H = 10$, $C_1 = 8$, $C_2 = 10$, $C_3 = 9$, $\alpha = 0.2$, $F = 10$ 。 p_0 的收敛方向及收敛速度与 q_0 大小相关, q_0 越小时, p_0 收敛速度越慢, 轨线收敛于不良“锁定”模式的可能性越大。当 q_0 较大时, 可以收敛到理想的均衡状态。由此可见, 转基因食品安全行为的演化结果不光受自身群体选择安全生产策略初始人群比例的影响, 也受监管部门选择监管策略人群初始比例的影响。

2.2 政府监管部门对不负责任甚至假冒生产的生产商处罚金额的变化对演化结果的影响

从图 3 可以看出, 虽然此时以 $p_0 = 0.5$ 为界, 轨线可能收敛到 2 种模式, 使得路径演化存在不确定性, 但是当政府监管部门对不负责任的生产商的处罚金额较小时, 即 $R_2 = 10$ 时, 收敛到模式 (A_1, B_2) 的可能性小; 当处罚金额 R 增加时, 演化轨迹收敛到 (A_1, B_2) 模式的可能性变大。因此, 通过增加对不负责任生产商的处罚金额, 可以有效促使转基因食品生产商选择负责任安全生产。

2.3 政府监管部门对不安全生产商的查处力度变化对演化结果的影响

由图 4 可以看出, 当 $\alpha = 0.5$ 时, 以 $p_0 = 0.4$ 为界, 轨线可能收敛于 2 种模式, 并且收敛到 (A_2, B_1) 模式的可能性较大。当 $\alpha = 0.2$ 时, 虽然轨线以 $p_0 = 0.4$ 为界, 也可能收敛于 2 种模式, 但是轨线收敛到理想均衡模式的可能性较大。因此, 本研究演化的理想模式 (A_1, B_2) 要求监管部门减少对转基因食品生产商的监管力度 α , 这似乎与加强监管有利于促进食品

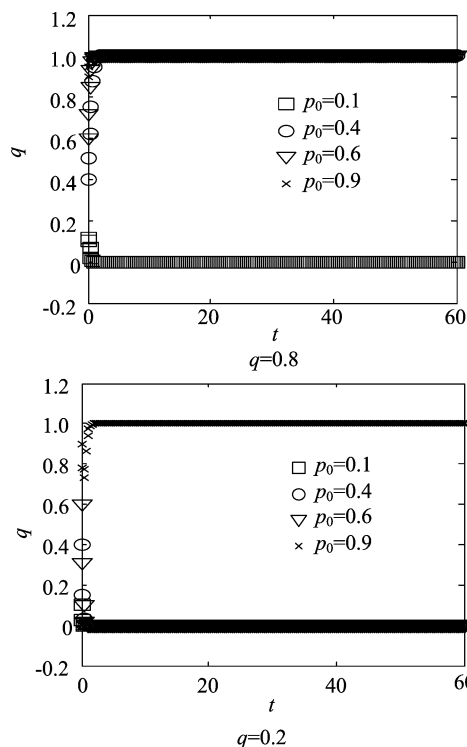


图2 选择某一策略的群体不同初始比例对演化结果的影响

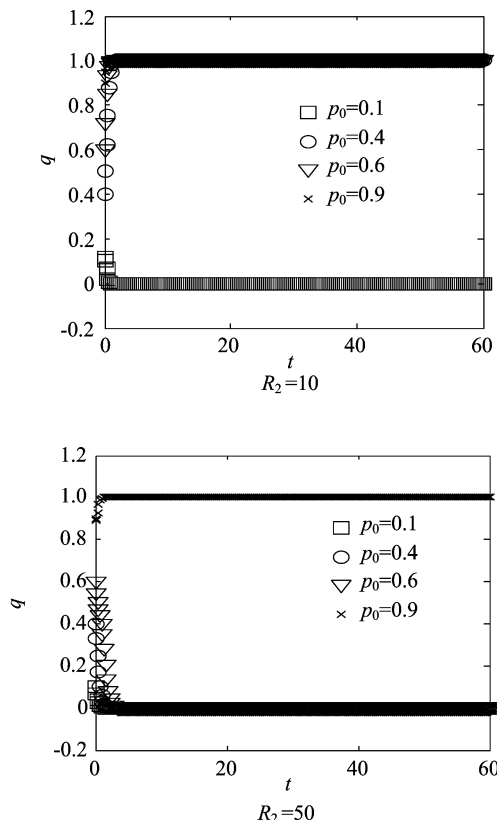


图3 对不负责任生产商处罚金额的变化对演化结果的影响

等式左边对 α 求导数, 结果为 $-(R + R_2)$, 显然是小于 0 的, 说明转基因食品生产商坚持安全生产的受益差值随着 α 的变化呈反方向变化, 因此, 监管部门的监管力度 α 减少, 反而

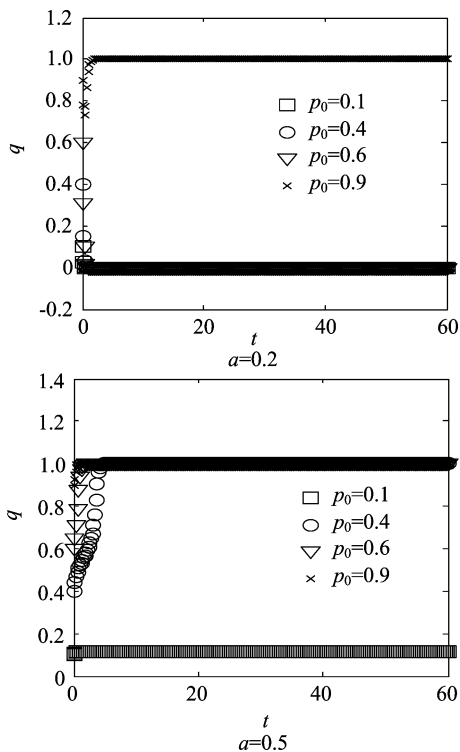


图4 政府监管部门对不安全生产商查处力度的变化对演化结果的影响

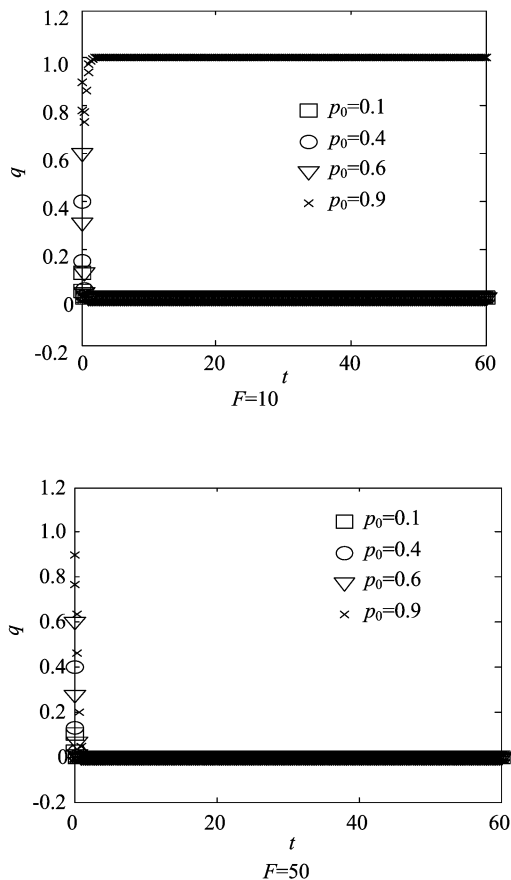


图5 政府监管部门成功监管奖励的变化对演化结果的影响

有利于增加食品生产商坚持安全生产,从而有利于跳出“锁定”状态。因此,笔者认为,监管部门要适度监管食品生产商。

2.4 政府监管部门成功监管奖励的变化对演化结果的影响

从图5可以看出,随着 F 数值的增加,轨线呈不同的状态收敛, F 取值越大,轨线收敛于理想均衡状态的可能性越大,甚至有可能完全进化到 (A_1, B_2) 模式。因此,上级部门加大对政府监管部门成功监管的奖励力度,可以促使食品生产商选择负责任安全生产。

3 结论与讨论

本研究通过建立动态博弈模型,分析了食品生产商与政府监管部门之间的策略交往、互相影响,进而得出了这两大群体在交往过程中的演化特征、均衡状态。系统收敛于2种模式,一种是 (A_2, B_1) 模式,代表生产商不负责任、生产不标志的转基因食品或者假冒非转基因食品和监管部门监管;另一种是 (A_1, B_2) 模式,代表生产商负责任、安全生产标志转基因食品和监管部门不监管。通过数值仿真试验以及相位图变化示意图,描述了各参数变化对双方策略选择的影响。

3.1 执行严格的惩罚措施

本研究表明,大力增加惩罚金额 R_2 可以使得食品生产商与政府监管部门的博弈策略走向理想化模式。因此,应该对转基因食品生产商不负责任、不安全生产行为实行重罚。对于不负责任、不安全生产的生产商,应该加大处罚力度 R_2 , R_2 要比不负责任、不安全生产所获得的收益 R_1 大,使食品生产商得不偿失。

3.2 适当监管

转基因食品生产商安全生产行为是多种复杂因素共同作用的结果,可以通过提高监管技术水平达到提高监管力度的效果。此外,由于转基因食品生产商的平均收益与监管力度 α 呈反方向变化,所以,监管的力度不能太大。适当的监管有利于调节转基因食品生产商的收益,发挥监管部门的监管作用,同时也可以发挥市场机制的淘汰作用。

3.3 加大查处奖励力度

加大对政府监管部门成功监管的奖励力度,建立科学的监管考核机制,调动监管部门监管积极性,保证转基因食品市场健康发展。同时,更新监管部门的检验设备,提高监管部门员工的素质,给予成功查处的检验人员以相应的奖励。

参考文献:

- [1] 宋林,杨昌举,胡品洁. 转基因食品标识与管理[J]. 中国食物与营养,2005(6):9-12.
- [2] 王冀宁. 食品安全的利益演化、群体信任与管理规制研究[J]. 现代管理科学,2011(2):32-33,87.
- [3] 谢识予. 经济博弈论[M]. 2版. 上海:复旦大学出版社,2002:223-268.
- [4] Friedman D. Evolutionary games in economics[J]. Eonomica, 1991,59(3):637-666.
- [5] 马建国,梅强,杜建国. 中小企业信用监管路径演化研究[J]. 系统管理学报,2011,20(2):168-174.