

基于进化博弈的农户储备粮食行为研究

刘畅 侯云先*

(中国农业大学 经济管理学院,北京 100083)

摘要 针对多年来我国农户粮食储备量连续下降的问题,以及农户群体储粮行为常表现出的“共振效应”现象,利用进化博弈分析方法,对农户群体粮食储备行为进行研究。结果表明:1)农户群体的储粮行为存在3个进化稳定策略。2)在预期粮价与粮食产储成本满足一定关系时,农户群体粮食储备行为常表现出趋同性,出现“共振效应”。3)可以通过调整未来预期粮价与改变农户粮食产储成本的方式,影响农户群体的粮食储备策略,进而将农户群体的储粮行为保持在可调控的合理状态。

关键词 农户;储粮;进化博弈;进化稳定策略

中图分类号 F325.2

文章编号 1007-4333(2017)03-0154-06

文献标志码 A

Research on the grain storage of farm household based on the evolutionary game theory

LIU Chang, HOU Yunxian*

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing100083, China)

Abstract For many years the grain storage of farm household continuously decreased, and the “resonance effect” often occurs in the storage behavior of farmers. To solve these problems, the evolutionary game theory methods is adopted to study the grain storage of farm household. The results show that: The grain storage of farmers groups has three evolutionary stable strategies. When the grain prices expected in the future and the costs of grain production and storage satisfy a certain relation, farm household’s behavior often exhibit homoplasia and the resonance effect. The government also can influence the farm household’s grain storage strategy by affecting the grain prices expected in the future and change the farmer grain production and storage cost. It will help the government keep the storage behavior of farm household adjustable.

Keywords farm household; grain storage; evolutionary game; evolutionary stable strategy

粮食安全是关系国计民生的头等大事。在我国粮食总储备中,农户存粮占比约为70%~75%^[1],是我国粮食储备组成的重要部分。合理引导、利用农户储粮,既可解决农户自身粮食需求,也可降低国家粮食储备负担;而不合理的农户群体储粮行为则会导致粮食供需市场波动,影响国家粮食安全。目前,我国农户群体的家庭储粮状况不容乐观,主要存在2方面问题。1)农户家庭储粮量下降。20年来,农户储粮备荒意识淡化,农户的家庭储粮量出现了

持续大幅下降^[2],甚至部分地区(如长三角地区)降幅达到约34%^[3]。农户储粮量的减少可能导致国家粮食储备从自我保障向市场依赖转化^[4],进而影响粮食供给平衡与粮食安全;2)粮食市场频现的“共振效应”。农户的储粮行为具有明显的模仿性与趋同性^[5],如粮价升高时惜售,造成粮价继续升高;而粮价下降时争相抛售,造成粮价进一步降低^[6]。这种容易受到非理性群体影响的“共振效应”将加剧粮食市场波动。

收稿日期:2016-04-02

基金项目:国家社会科学基金(14BGL062);“十二五”国家科技支撑计划(2014BAL07B05)

第一作者:刘畅,硕士研究生,E-mail:Larry33Bird@126.com

通讯作者:侯云先,教授,主要从事农业经济、农产品供应链研究,E-mail:hoyunxian@163.com

国内外对农户储粮问题的研究多采取了“建模—求解分析—实证检验”的方法。包括回归分析^[7]、适应性预期模型、偏调整模型^[8]，无穷期现金先行模型建立的粮食市场均衡方程组^[9]等。关于农户储粮行为影响因素方面研究亦表明，农户储粮行为可能与多种因素相关，如：收入来源、粮食自产比例^[3]、粮食产量、上年储备量、粮食价格、利率水平、农户非农收入^[10]、通货膨胀^[9]、消费安全、交易成本^[8]、粮食安全考虑、非农就业机会、运输条件等^[6]。

关于农户储粮行为的研究一般基于农户为完全理性人假设，但研究认为参与人常质疑其他参与方的理性与能力，还有可能做出冲动决策，很难具备完全理性的条件^[11]。在农户储粮问题上，现实与完全理性假设具有较大差距。人类经济社会的行为并非单方一次性决策，而是对经济社会环境变化做出的适应性调整，也是在博弈过程中相互模仿学习的结果，从博弈的角度来看属于有限理性的动态博弈^[12]。进化博弈理论则抛开了完全理性假设，结合动态演化过程与博弈论，利用“模仿者动态模型”分析有限理性的群体其行为动态变化趋势^[13]。

综上，现有研究集中于农户储粮行为影响因素方面，由于很难考虑农户有限的信息获取与决策能力，对于出现“储粮量减少”、“共振效应”现象的原因与对策暂无较深层次地理论分析。本研究拟从粮食安全与获利性2方面考虑农户储粮动机，采用进化博弈分析方法，构建农户单群体模仿者动态模型，探究农户群体储粮行为的进化稳定策略及其可行性条件。

1 模型描述与假设

根据已有研究结果及实地调研反馈，少有农户选择用粮需求全部依赖市场供给，而完全不储备粮食^[8]。在农户群体中随机抽取的农户1与农户2配对组合，进行博弈。农户储粮行为策略可分为2种：1)为满足粮食安全需要而储备家庭食用粮食，称之为“安全储粮”；2)在满足粮食安全需要外，还存在逐利行为，储备高于家庭食用粮食量，称之为“积极储粮”。故农户策略集为（“安全储粮”，“积极储粮”）。参与人的收益函数为农户在参与博弈时依据其所需类型与所选策略可获收益。

为构建进化博弈模型，假设如下：

1)假设参与进化博弈农户均为有限理性人。即农户可以通过观察其它参与人收益，以及不断试错来调整策略，而并非一步选择完全理性均衡策略。

2)农户选择策略得到的收益包含因储备粮食获得的粮食安全效用 S ，以及获得的经济收益 B 。其中 B 为卖粮所得收入 I 减去产粮与储粮成本 C 。

3)积极储粮策略的储粮量定为 q_1 ，安全储粮策略的储粮量定为 q_2 ，并有 $q_1 > q_2$ 。

4)进化博弈中，若双方农户都积极储粮，粮食单价将变动至 p_1 ；若一方积极储粮，而另一方安全储粮时粮价则变动至 p_2 。将范围由博弈二位农户组合扩大到整个农户群体，则 p_1 为绝大部分农户都积极储粮时的粮价，称之为“积极预期粮价”；而 p_2 为积极储粮与安全储粮的农户各占部分比例时的粮价，称之为“正常预期粮价”。现实生活中， p_1 、 p_2 影响因素较多，如粮食供需关系、政策影响等等，故 p_1 、 p_2 大小关系不定，并可通过政策以调节。

5)单位量粮食产储总成本为 c 。粮食的储备需要建造储藏设备、防虫防腐、人工管理等，均将产生储粮成本。储备成本与储备方法、技术手段、管理方式等高度相关。

2 农户单群体模仿者复制动态

单群体模仿者动态模型研究对象为单个群体。群体中的个体角色无差别，有着相同的策略集，随机抽取的个体之间存在对称博弈。

2.1 模型建立

农户收益 u 可以表示为储粮带来的粮食安全效用 S 与储粮带来的经济收益 B 之和： $u = S + B$ 。经济收益 B 由卖粮收入 I 与储粮成本 C 决定， $B = I - C$ 。当博弈双方都采取积极储粮策略时，双方收益均为 a ：

$$a = S + B = S + I - C = S + p_1(q_1 - q_2) - cq_1 \quad (1)$$

当博弈双方中有一方选取积极储粮策略，而另一方选择安全储粮策略时，积极储粮农户的收益为：

$$b = S + p_2(q_1 - q_2) - cq_1 \quad (2)$$

安全储粮农户的收益为：

$$c = S - cq_2 \quad (3)$$

当博弈双方都采取非积极储粮策略时，博弈双方的收益相等：

$$d = S - cq_2 \quad (4)$$

假设整个农户群体中采取“积极储粮”策略的农户比例为 x ，则采取“安全储粮”策略的比重为 $(1-x)$ ，并有 $0 \leq x \leq 1$ 。构建农户单群体对称博弈支付矩阵见表1。

表 1 农户单群体对称博弈支付矩阵

Table 1 The payoff matrix of the single group of farmers in symmetric game

策略与收益 Strategies and benefit		农户 2 Farmer 2	
		积极储粮策略 (x) Positive storage strategy	安全储粮策略 (1-x) Safe storage strategy
		积极储粮策略 (x) Positive storage strategy	安全储粮策略 (1-x) Safe storage strategy
农户 1 Farmer 1	积极储粮策略 (x) Positive storage strategy	(a, a)	(b, c)
	安全储粮策略 (1-x) Safe storage strategy	(c, b)	(d, d)

注: a, b, c, d 分别为农户选择对应策略时的收益; x 为选取积极储粮策略的比例。
Note: a, b, c and d represent the payoff of farmers when they choose the corresponding strategies; x represents the proportion of farmers choosing positive storage strategy.

2.2 模型求解与进化均衡分析

针对所构建的有限理性进化博弈进行求解。选择“积极储粮”策略农户的期望收益为:

$$u_1 = ax + b(1 - x) \tag{5}$$

选择“安全储粮”策略农户的期望收益为:

$$u_2 = bx + a(1 - x) \tag{6}$$

由(5)、(6)可知农户群体的平均期望收益:

$$\bar{u} = x \cdot u_1 + (1 - x) \cdot u_2 \tag{7}$$

根据连续时间模仿者动态模型^[13], 利用式(5)~(7)可构建农户单群体选择“积极储粮”策略比例的复制动态方程:

$$\frac{dx}{dt} = x(u_1 - \bar{u}) = x(1 - x)[x(a - c) + (1 - x)(b - d)] \tag{8}$$

一般把该复制动态方程简单记为 $F(x) = \frac{dx}{dt}$ 。

求解所有进化博弈中的稳定点, 只需使得 $F(x) = 0$, 不难解出理论上存在的 3 个稳定均衡点:

$$\begin{cases} x_1^* = 0 \\ x_2^* = 1 \\ x_3^* = \frac{d - b}{a - b - c - d} \end{cases} \tag{9}$$

将式(1)~(4)代入式(9), 解得稳定均衡点为:

$$\begin{cases} x_1^* = 0 \\ x_2^* = 1 \\ x_3^* = \frac{c - p_2}{p_1 - p_2} \end{cases} \tag{10}$$

进化稳定策略要求稳定均衡点必须对微小扰动具有稳健性。博弈方即使出现扰动错误使得策略比例 x 偏离稳定点 x^* , 复制动态 $F(x) = \frac{dx}{dt}$ 仍然可以

使得策略比例 x 回到稳定点 x^* 。这就需要满足如下条件: 当 x 小于 x^* 时, $F(x) > 0$, 而 x 大于 x^* 时, $F(x) < 0$ 。通过对复制动态方程(8)求关于 x 的 1 阶导数, 得到 $F'(x)$ 可以反映复制动态 $F(x)$ 的变动趋势(在相位图中表现为斜率), 以此判断 x^* 是否为进化稳定策略及其稳健性。求得:

$$F'(x) = (1 - 2x)[2x(a - b - c + d) + b - d] + x^2(a - b - c + d) \tag{11}$$

由式(11)可得:

$$\begin{cases} F'(0) = b - d \\ F'(1) = c - a \\ F'(x_3^*) = \frac{-F'(0) \cdot F'(1)}{F'(0) + F'(1)} \end{cases} \tag{12}$$

由式(12)可知: 可以通过 $F'(0), F'(1)$ 的符号确定 $F'(x_3^*)$ 符号。即求得复制动态方程 $F(x)$ 在 $x_1^* = 0$ 与 $x_2^* = 1$ 此 2 个稳定点的变动趋势后, 即可以判断出其在第 3 个稳定点 x_3^* 处的变动趋势。

同样将(1)~(4)代入式(12), 解得:

$$\begin{cases} F'(0) = \frac{p_2 - c}{q_1 - q_2} \\ F'(1) = \frac{c - p_1}{q_1 - q_2} \\ F'(x_3^*) = \frac{-F'(0) \cdot F'(1)}{F'(0) + F'(1)} \end{cases} \tag{13}$$

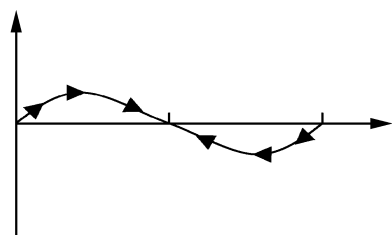
3 进化稳定策略条件分析

农户群体模仿者复制动态中, 农户群体策略选择动态趋势受到 c, p_1, p_2 等变量变化带来的收益变化的影响, 也受到博弈初始状态影响。根据 c, p_1, p_2 变量之间的大小关系, 可确定 $F'(0), F'(1)$ 以及

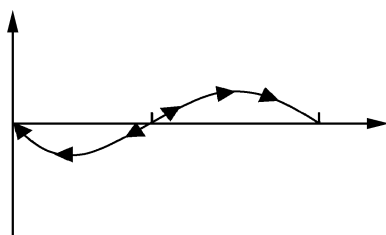
$F'(x_3^*)$ 符号, 进而判断进化稳定策略与最终农户群体决策状态。具体有 4 种情况见图 1。

1) 当 $p_1 < c < p_2$ 时, $F'(0) > 0$, 且 $F'(1) > 0$ 。进一步得出 $F'(x_3^*) < 0$ 。根据 $F'(0)$ 、 $F'(1)$ 、 $F'(x^*)$ 三者的符号, 绘出该情况下农户群体模仿者动态趋势相位图(图 1(a))。

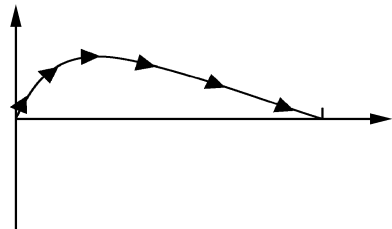
由相位图以及 $F(x) = \frac{dx}{dt}$ 决定的进化方向可以判别, 此时进化稳定策略为 $x_3^* = \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 。这意味着如果决定农户储粮行为的外部因素、利益关系是稳定的, 当 $p_1 < c < p_2$ 时, 一旦出现农户选择积极储粮策略, 则持该选择的农户数量、比例将不断增加,



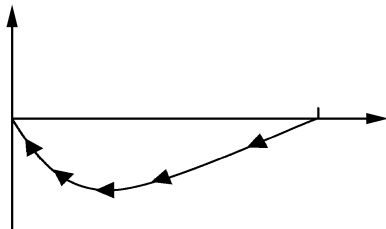
(a) $p_1 < c < p_2$



(b) $p_2 < c < p_1$



(c) $c < p_1$ 且 $c < p_2$



(d) $c > p_1$ 且 $c > p_2$

图 1 变量与进化稳定策略关系

Fig. 1 Evolutionary stable strategy and variable constraint

2) 当 $p_2 < c < p_1$ 时, $F'(0) < 0$, 且 $F'(1) < 0$, 故 $F'(x_3^*) > 0$ 。根据 $F'(0)$ 、 $F'(1)$ 、 $F'(x^*)$ 三者的符号, 该情况下农户群体模仿者动态趋势见图 1(b)。

由相位图以及 $F(x) = \frac{dx}{dt}$ 决定的进化方向可以判断, 此时进化稳定策略为 $x_1^* = 0$, 以及 $x_2^* = 1$ 。这意味着在 $p_2 < c < p_1$ 的情况下, 如果外部因素、利益关系稳定不变, 农户群体策略最终将可能出现 2 种结果: $x_2^* = 1$ 或 $x_1^* = 0$ 。而究竟将向哪个方向进化, 取决于进化博弈初始状态。设博弈初始时积极储粮农户的比例 x_0 , 由相位图可知: 当 $x_0 < \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 时, 农户群体行为策略将向 $x_1^* = 0$ 侧进化,

直到达到稳定点 $x_3^* = \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 。此时, 最终选择“积极储粮”策略的农户所占总体比例为 $x_3^* = \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$, 选择“安全储粮”策略的农户所占比例为 $1 - \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 。在到达 $x_3^* = \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 的进化稳定策略后, 即使群体中出现个别农户策略发生变异的现象, 也会随动态复制过程恢复稳定。在这种情况下, 持有“积极储粮”策略与“安全储粮”策略的农户均存在, 较为符合现实情况。且决策的各级政策部门可根据战略、形势需要, 调整变量, 进而调节农户群体进化稳定策略, 最终实现调节农户家庭储粮量目的要求。

最终所有农户将采取“安全储粮”策略; 当 $x_0 > \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 时, 农户群体将向 $x_2^* = 1$ 侧进化, 最终所有农户都将选择“积极储粮”策略。此分析结果可在一定程度上解释前文提到的“共振效应”问题: 农户的储粮行为会出现趋同性、一致性、模仿性, 而农户群体的决策则表现出“羊群效应”, 或者称为“共振效应”。

3) 当 $c < p_1$ 且 $c < p_2$ 时, $F'(0) > 0$ 且 $F'(1) < 0$ 。由 $x_3^* = \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 可判断 $x_3^* < 0$ 或 $x_3^* > 1$, 超出 x 取值范围, 故稳定点仅有 $x_1^* = 0$ 与 $x_2^* = 1$ 。根据 $F'(0)$ 、 $F'(1)$ 两者的符号, 可以做出该情况下农户群体模仿者动态趋势的相位图(图 1(c)):

由相位图及 $F(x)=\frac{dx}{dt}$ 决定的进化方向可以判断:进化稳定策略为 $x_2^*=1$ 。这意味着在 $c < p_1$ 且 $c < p_2$ 的情况下,农户群体的决策行为将向 $x_2^*=1$ 方向进化。经过长期的动态变化,农户群体中选择“积极储粮”策略的比例不断增加,理论上最终所有农户选择“积极储粮”策略。只要不是开始时所有农户都选择“安全储粮”策略的极端情况,即使在达到稳定后小部分农户出现变异,转而选择“安全储粮”策略,这部分比例也会随复制动态逐渐消失。这个结果又能部分地解释在面临自然灾害或战争等突发情况时,绝大部分农户选择积极储粮策略。由于战争与自然灾害带来的粮食安全风险,导致人们对粮价的预期大幅提升,无论 p_1 、 p_2 都将大幅上涨并高于储粮成本 c ,满足 $c < p_1$ 且 $c < p_2$ 的条件。这种条件下,进化稳定策略为 $x_2^*=1$,若外部影响因素持续存在,则农户群体选择“积极储粮”策略比例持续增加,最终理论上达到所有农户选择积极储粮策略。

4)当 $c > p_1$ 且 $c > p_2$ 时, $F'(0) < 0$ 且 $F'(1) > 0$ 。由 $x_3^* = \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$,同样可判断 $x_3^* < 0$ 或 $x_3^* > 1$,超出了 x 取值范围。故该情况下进化博弈的均衡解仅有 $x_2^*=1$ 与 $x_1^*=0$ 两点。根据 $F'(0)$ 、 $F'(1)$ 两者的符号,做出该情况下农户群体模仿者动态趋势的相位图(图1(d))。

由相位图与 $F(x)=\frac{dx}{dt}$ 决定的进化方向可以判断:该情况下进化稳定策略为 $x_1^*=0$ 。这意味着在 $c > p_1$ 且 $c > p_2$ 的情况下,农户群体的决策行为将向 $x_1^*=0$ 方向进化。在一定时期内,农户群体中选择“安全储粮”策略的比例将不断增加,理论上最终所有农户将选择“安全储粮”策略。即使在达到稳定后出现突变,个别农户选择“积极储粮”策略,这部分农户也会随复制动态变化趋势逐渐消失。该分析结果恰好能够部分地解释在近年来粮食产量实现“十二连增”的局面下,农户群体的储粮意愿却不断降低,越来越多的农户仅选择安全储粮的策略。无论是粮食丰收导致供给增加导致的粮价下跌,或是国外粮食生产成本较低对国内粮价造成的下行冲击,亦或是政府为平抑物价而制定的粮价限制,种种因素最终都导致 p_1 、 p_2 不断下降,甚至最终可能小于 c 。长此以往,理论上最终选择“积极储粮”的农户将不存在,导致我国农户的粮食安全从自我保障向社

会依赖转化,也造成我国国家储粮成本的不断增加。

综上, p_1 、 p_2 与 c 关系将决定农户储粮行为的进化方向:

若 $p_1 > c$ 且 $p_2 > c$,进化稳定策略为 $x_2^*=1$;若 $p_1 < c$ 且 $p_2 < c$,进化稳定策略为 $x_1^*=0$;若 $p_1 > c > p_2$,有2个进化稳定策略: $x_2^*=1$ 与 $x_1^*=0$ 。系统进化的最终状态是所有农户都选择“安全储粮”策略,或所有农户选择“积极储粮”策略,分别对应于 $x_1^*=0$ 与 $x_2^*=1$ 。该结果均可表现为农户储粮行为的趋同性,出现“共振效应”。从整个国家粮食储备层面来看,此类情况将加剧粮食市场波动、导致国家粮食储备量过大或过小、影响国家粮食安全与储备成本。

当且仅当 $p_1 < c < p_2$ 时, $x_3^* = \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 是农户群体唯一的进化稳定策略,即进化的最终状态为:选择“积极储粮”策略的比例为 $\frac{c-p_2}{p_1-p_2}$,选择“安全储粮”策略的比例为 $1 - \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$,且有 $0 < \frac{c-p_2}{p_1-p_2} < 1$ 。此时有部分农户选择“积极储粮”,也有部分农户选择“安全储粮”。对国家、社会而言,这是一种较为合理的状况。此时决策的各级部门可根据战略、形势需要,调整各种变量,进而达到调整农户群体进化稳定策略、调节农户粮食储备量的目的。对其进行灵敏度分析可判断稳定状态时,选择“积极储粮”农户的比例关于各个变量的变化情况:

$$\begin{aligned}\frac{dx_3^*}{dc} &= \frac{1}{p_1 - p_2} \\ \frac{dx_3^*}{dp_1} &= \frac{p_2 - c}{p_1^2} \\ \frac{dx_3^*}{dp_2} &= \frac{1}{p_2 - p_1} + \frac{p_2 - c}{(p_1 - p_2)^2}\end{aligned}$$

由于此时 $p_1 < c < p_2$,不难判断: $\frac{dx^*}{dc} < 0$;而 $\frac{dx^*}{dp_1} > 0$ 与 $\frac{dx^*}{dp_2} > 0$ 。由此可知,稳定状态下,“积极储粮”农户所占比例随粮食价格 p_1 、 p_2 同方向变动,随粮食产储成本 c 反方向变动。

4 结论与建议

积极预期粮价 p_1 、正常预期粮价 p_2 及粮食产储成本 c 影响农户的储粮行为与农户群体的进化稳定策略。无论预期粮价 p_1 、 p_2 相比与粮食产储成本 c 出现过高或过低的情况,均会导致农户群体储粮

决策出现不同方向的“共振效应”。且仅当 $p_1 < c < p_2$ 时, $x_3^* = \frac{c-p_2}{p_1-p_2}$ 是农户群体唯一的进化稳定策略。此时选择“积极储粮”与“安全储粮”策略的农户各占一部分。各部分农户所占比例可通过对预期粮价的影响与引导,对粮食产储成本调控而实现调节,所以这是一种较为合理的农户群体储粮状况。

由对进化稳定策略稳定解进行灵敏度分析可知: p_1 、 p_2 、 c 变量中唯有成本 c 的降低能在任何情况下使得进化稳定策略向右移动,选择“积极储粮”策略的农户比例逐渐增大。结果表明,现阶段而言降低粮食产储成本是一个适用性更强、副作用更小、效果更为稳健的政策性调整手段。

就国内近年来局势而言,由于粮食增产、国外粮食价格冲击等因素,农户群体对粮食价格较少有乐观预期,而对粮食安全担忧渐少。同时粮食产储成本随着物价渐涨,出现 $c > p_1$ 且 $c > p_2$ 的现象。农户群体的储粮行为逐渐向绝大部分农户仅储备食用口粮发展,增加了国家储粮成本与粮食安全压力。

针对这种状况,提出以下建议:1)通过社会宣传,以及提升粮食收购保护价等方式适当提升农户对未来粮价预期;2)对积极储粮农户提供一定量的储粮补贴或收粮价格优惠;3)帮助农户建立规范可靠的粮食储备设施,并在储备过程中对于农户储粮具体操作进行科学、规范地指导,降低粮食储备成本以及粮食储备损失率。

参考文献 References

- [1] 舒在习. 论农村储粮与国家粮食安全[J]. 粮食科技与经济, 2001(1):36-37
Shu Z X. Study on rural grain and national food security[J]. *Grain Technology and Economy*, 2001(1):36-37 (in Chinese)
- [2] 张瑞娟, 武拉平. 我国农户粮食储备问题研究[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(1):176-181
Zhang R J, Wu L P. Research review on grain storage of Chinese farm households[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2012, 17(1):176-181 (in Chinese)
- [3] 史清华, 徐翠萍. 农家粮食储备: 来自自我防范到社会保障: 来自长三角 15 村 20 年的实证[J]. 农业技术经济, 2009(1):30-37
Shi Q H, Xu C P. Farm grain reserve: From self protection to social security: An empirical study of 20 years from 15 villages in Yangtze River Delta[J]. *Journal of Agrotechnical*, 2009 (1):30-37 (in Chinese)
- [4] 刘红梅, 贺俊刚. 我国家庭粮食储备问题研究: 来自全国 31 个省市 721 个行政村的调查[J]. 农业经济问题, 2012(12):104-

109

- Liu H M, He J G. Analysis of household grain reserves in China: Based on the 721 villages survey from 31 provinces[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2012 (12): 104-109 (in Chinese)
- [5] 刘颖, 武小涵. 博弈论视角下我国粮食储备主体行为研究[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2014(6):17-24
Liu Y, Wu X H. Study on grain storage of Chinese farm households based on game theory[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2014(6):17-24 (in Chinese)
- [6] 柯炳生. 中国农户粮食储备及其对市场的影响[J]. 中国农村观察, 1996(6):8-13
Ke B S. Chinese farmer's grain stock and effect on market[J]. *China Rural Survey*, 1996(6):8-13 (in Chinese)
- [7] 武翔宇. 农户粮食储备行为研究[J]. 农业技术经济, 2007(5):74-79
Wu X Y. Study on the behavior of farmers' grain reserve[J]. *Journal of Agrotechnical*, 2007(5):74-79 (in Chinese)
- [8] 万广华, 张藕香. 中国粮食储备的决定性因素: 价格真的重要吗? [J]. 中国农村经济, 2007(5):13-23
Wang G H, Zhang O X. The decisive factor of Chinese grain storage: Is the price really important [J]. *Chinese Rural Economy*, 2007(5):13-23 (in Chinese)
- [9] 孙希芳, 牟春胜. 通货膨胀、真实利率与农户粮食库存: 1980—2003 年中国农户存粮行为的实证分析[J]. 中国农村观察, 2004(6):23-33
Sun X F, Mou C S. Inflation, real interest rate and the farmer's stock of grain: An empirical analysis of the grain; Stocking behavior of Chinese farmers during 1980-2003[J]. *China Rural Survey*, 2004(6):23-33 (in Chinese)
- [10] 张瑞娟, 孙顶强, 武拉平, Carter Colin. 农户存粮行为及其影响因素: 基于不同粮食品种的微观数据分析[J]. 中国农村经济, 2014(11):17-27
Zhang R J, Wu L P, Colin C. Farmers' grain storage behavior and its influencing factors: Based on the micro data analysis of different grain varieties [J]. *Chinese Rural Economy*, 2014 (11):17-27 (in Chinese)
- [11] 谢识予. 有限理性条件下的进化博弈理论[J]. 上海财经大学学报, 2001, 3(5):3-9
Xie S. Theory of evolutive game under bounded rationality[J]. *Journal of Shanghai University of Finance and Economics*, 2001, 3(5):3-7 (in Chinese)
- [12] 申强, 侯云先. 奶农与企业原料奶质量控制行为进化博弈分析[J]. 农业技术经济, 2011(8):26-33
Shen Q, Hou Y X. Evolutionary game analysis on quality control behavior of dairy farmers and enterprises raw milk[J]. *Journal of Agrotechnical*, 2011(8):26-33 (in Chinese)
- [13] Taylor P D, Jonker L B. Evolutionarily stable strategy and game dynamics[J]. *Mathematical Biosciences*, 1978:145-156

责任编辑: 刘迎春