

# 风险预期的农业投入-产出均衡及对收入稳定性的影响 ——基于 Lyapunof 稳定性定理

赵亮<sup>1</sup> 张宁宁<sup>2</sup> 张峭<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业科学院 农业信息研究所/农业部农业信息服务技术重点实验室,北京 100081;

2. 中国农业科学院 农业经济与发展研究所,北京 100081)

**摘要** 将不同类别农业风险按照时间分为产前、产中和产后风险;并纳入比较静态农业生产利润函数,定性分析农业投入和产出均衡变化;预期产中风险增加的情况下,比较分析理性生产者的最优与均衡投入-产出的变化和差异;构建动态农业收入函数,利用 Lyapunof 稳定性定理,分析讨论风险对农业收入稳定的作用机制及其影响因素。得到以下结论:预期产中风险增加时,生产曲线向下“跳跃”,表示产量骤减;最优投入-产出规模比均衡状态相对减小,且收入稳定性的“紧约束”条件很难实现。

**关键词** 农业风险;投入-产出均衡;收入稳定性;Lyapunof

中图分类号 F 30

文章编号 1007-4333(2015)01-0213-08

文献标志码 A

## Equilibrium of agricultural input-output under risk expected and impact on income stability: Based on Lyapunof stability theorem

ZHAO Liang<sup>1</sup>, ZHANG Ning-ning<sup>2</sup>, ZHANG Qiao<sup>1\*</sup>

(1. Agricultural Information Institute/Key Laboratory of Agri-information Service Technology of Ministry of Agriculture,

Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

2. Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract** This paper divided different kinds of agricultural risk into pre-production risk, production risk and post-production risk according to the time sequence, which were introduced into the comparative statics profit function, and qualitatively analyzed agricultural input-output equilibrium changes. Taking into consideration of the increasing production risk, the author compared and analyzed changes and differences in the optimal equilibrium input-output by rational producer, and developed dynamic agricultural income function and also used Lyapunof stability theorem to discuss and analyze risk mechanism and influencing factors in stabilizing agricultural income. The results showed that: 1) When the producing risk expectation was increased, production curve “jumped” downward which means yields decrease; 2) The optimal input-output scale was smaller than the equilibrium status, and it was difficult to achieve “tight constraints” condition of income stability.

**Key words** agricultural risk; input-output equilibrium; income stability; Lyapunof

中国是农业大国,至今仍有半数人口从事农业劳动。虽然对农业基础设施的投入和建设逐步增加,但靠天吃饭的农业基本现状依然是制约中国农业发展的主要因素之一。几乎每次自然灾害的发生

都会使农业生产受到不同程度的影响,成灾比例也在 50% 以上,每年因干旱、洪涝、低温冷害、霜冻、大风和雪灾等造成的农作物受灾面积约为 4 000 万 hm<sup>2</sup>[1]。农业生产经营活动的最终目标是实现生产

收稿日期:2014-09-01

基金项目:国家自然科学基金青年项目(71403275)

第一作者:赵亮,助理研究员,主要从事农业风险管理和农产品贸易研究,E-mail:zhaoliang01@caas.cn

通讯作者:张峭,研究员,主要从事农村金融与农业风险管理研究,E-mail:zhangqiao@caas.cn

者价值,即农业收入。生产者因预期农业风险的增加,对农业投入更加谨慎,甚至放弃农业生产而从事其他产业。这不但不利于保持农民收入稳定性,也阻碍农业及农村经济发展,从而制约国民经济全面协调发展。本研究以农户为研究视角,研究理性农业生产者在产前、产中和产后风险相对变化时农业最优投入-产出行为选择,进而利用 Lyaponof 稳定性定理分析风险预期条件下农业收入的影响因素,并讨论收入稳定性的实现条件,以期探明不同生产阶段风险因子对农业产出影响的差异,为生产决策提供指导。

## 1 文献综述

不同学者<sup>[2-3]</sup>对农业风险的定义大同小异,但对其分类却不尽相同,主要区别在于风险来源的差异以及对农业生产影响程度的不同。归纳起来,农业风险主要有生产风险、市场风险、制度风险、技术风险和生态风险等。由于不同国家(或同一个国家不同地区)的资源禀赋条件的差异,不同种类的农业风险对其影响也不尽相同,就中国而言,目前生产风险是最主要的农业风险,而市场风险为第二重要的农业风险<sup>[1,4]</sup>。

现有文献主要从生产风险、市场风险和制度风险等方面研究其对农业生产和农民收入的影响。1) 在生产风险方面,文献<sup>[5]</sup>认为中国受灾面积变化量和成灾面积变化量分别与中国农业产出变化量之间呈显著负相关。自然条件的不确定性引起的自然风险,严重影响农业生产,造成农民收入的极不稳定<sup>[6]</sup>。2) 在市场风险方面,改革开放以来,随着农业市场化 and 国际化进程不断加快,“更紧密的市场联系会强化农民的不确定性”,使得农业市场风险逐渐加大<sup>[7]</sup>。家庭联产承包经营方式使农民难以及时准确地搜集、辨别与处理市场信息,从而影响其对农产品价格走势的判断和预测,导致面临农产品经营决策的不确定性和市场需求的不确定性双重影响,同时由于农民缺乏对市场价格的谈判能力和对市场风险的规避能力,更加剧了市场因素对我国农民家庭经营性收入的不确定性影响<sup>[8-9]</sup>。此外,国际市场风险通过价格体系也制约着国内农业收入增长<sup>[10]</sup>。3) 制度风险方面,虽然财政支农总额呈上升趋势,但其占财政支出的比例逐渐下降,个别地区甚至出现大幅度下降<sup>[11]</sup>。如何针对上述风险做出最优决策一直是学者关注的问题。Hazell<sup>[12]</sup>提出的绝对偏差

最小化(Minimization of Total Absolute Deviation, MOTAD)模型能描述农户(/场)的农业生产行为,且其建模方法和运算也相对简便,从而被国外学者<sup>[13-14]</sup>广泛采用。国内研究农户风险反应行为的文献相对较少,多是从农业保险的角度探寻农业风险的管理方式和方法<sup>[15-16]</sup>。张林秀等<sup>[16]</sup>利用局部均衡模型研究单一风险对农户行为选择的影响,在此基础上,陆文聪等<sup>[17]</sup>研究了中国浙江地区农户对风险的反应行为,认为不同类别的农户对待风险的态度有较大差异,其投入要素的优先顺序和数量因风险偏好的不同而不同。

总体看来,以上研究多侧重不同类别的农业风险对农业生产和农户行为的影响,对农业收入的影响也多是利用局部均衡的回归方法计量不同风险因素的弹性大小。但农业风险贯穿于农业生产全过程,单一种类的风险无法全面准确地衡量农业风险对农业生产和农户行为的影响,并且农业生产不同阶段的风险相互影响,共同作用于农业生产。理性生产者必须在农业生产开始之前预期不同阶段的风险及其相互作用机制,才能做出最优的生产行为。同样道理,在预期不同阶段农业风险后,理性生产者做出最优生产行为,其农业收入是否稳定或是否是在时间上平滑等是值得关注的问题。

因此本研究通过分析风险预期下,理性农业生产者的最优生产行为选择,及其对农业收入稳定性的影响,拟解决以下几个问题:1) 在农业生产过程中,不同阶段风险因子对农业生产的影响如何? 2) 在理性预期产中风险增加的情况下,最优投入-产出规模与理想状态下的均衡投入-产出规模及作用原理是否相同? 3) 最优投入规模也能维持农业收入稳定性么? 如果不能,其原因是什么? 及其对收入稳定性影响的传导机制如何?

## 2 分析框架

首先阐述研究的理论基础,包括理性预期理论、投入-产出理论和生产利润最大化理论等;接着将农业生产不同阶段的风险作为不确定性因子纳入农业生产体系中,构建理论模型,定性分析预期产中风险不变和增加 2 种情境下最优农业投入-产出结构的变化,并比较 2 种情况下投入-产出结构的变化规律;进而在预期产中风险增加时构建稳定性函数,验证在最优农业投入-产出结构下是否会实现动态的农业收入的稳定性目标,分析风险因素对农业收入

稳定性影响的传导机制,并讨论影响稳定性的原因及可能实现的办法;最后是结论和政策建议。

## 2.1 理论基础

在理想环境下(没有不确定性),农业生产内外部环境信息对称,农业生产者预期市场要素和产品市场价格稳定,并根据既定技术条件实现生产经营,因此均衡的投入-产出状态即是最优的投入-产出点。在该均衡投入-产出点,农业生产可以实现既有投入的利润最大化。但农业生产过程中可能存在风险,当1个生产周期结束后,理性生产者会根据生产历史和经验对新的生产周期进行预期和判断,并会根据理性预期的结果调整其所能控制的资源禀赋(即生产要素),从而实现新的生产均衡。在风险预期的情境下,生产者投入-产出结构不再遵循理想环境下的投入-产出规律。由于生产的不确定性,无法准确判断利润最大化的投入规模,此时选择的投入规模应达到基于时间趋势的、对未来预期的、平滑的和稳定的收入水平。

农业风险贯穿于农业生产全过程,将既有不同种类农业风险按时间维度重新划分为产前、产中和产后风险,不同阶段包含风险因子如图1所示。产前风险包括生产要素价格波动、相关要素补贴政策和基础设施投资建设等因素;产中风险主要包括生产要素配置使用、自然灾害、疫病、技术选择和毒害残留等;产后风险包括产品市场价格波动、运营成本增加和价格支持相关政策等。短期看(1年或1个生产销售周期),农业生产技术条件、要素配置选择和基础设施水平等因素保持稳定,其风险相对较低;市场风险中的价格(要素和产品)波动是我国市场经济体制改革的必然产物,在1个生产周期内,农业生产要素价格持续上涨,虽然长期看农产品市场价格一直处于增长趋势,但农户实际成交价格年际波动较大,甚至不同季节大幅波动。值得欣慰的是,目前已出台的限价和保障粮食收购价格等政策措施以及期货市场等金融工具在一定程度上有平抑价格波动的作用。而自然灾害和疫病等风险直接影响到农产品产量,并因其突发性和不可预见性,造成的损失较大,而且很难有效抑制或消除此类风险(现有的灾害救济和农业保险等措施,都是在风险发生后,造成即成灾害损失后的实施行为,对农业产出的平抑效果不大)。因此,自然风险依旧是众多农业风险的重中之重,其蕴含在产中风险里,即相比产前和产后的价格风险,产中风险依旧是影响较大的主要风险,本研

究将以产中风险为中心进行分析。

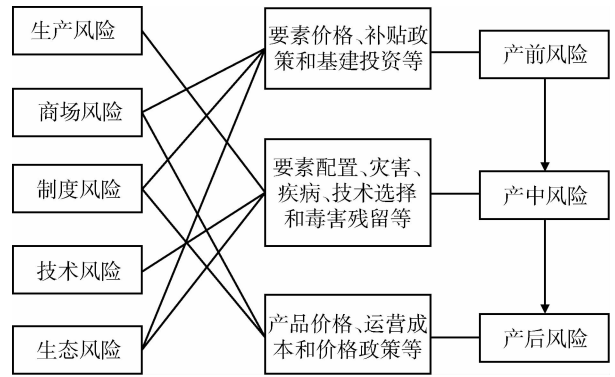


图1 农业风险再分类

Fig.1 Agricultural risk reclassification

## 2.2 模型构建

根据需求函数基本假定,农产品市场价格是包含供给、需求、风险和其他外生影响因素的函数,表示为: $P=P(Y, D, r, \dots)$ ,本研究假定风险因子外生于其他影响因素,并以乘子的形式作用于价格函数中,因此表示为 $P=rP(Y, D, \dots)$ ;同理,农业生产要素价格函数表示为 $P_f=rP_f(D, Y, \dots)$ ;以此类推,农业生产函数表示为 $F(X)=rf(X)$ 。根据上述理论,构建包含风险因子的农业利润最大化生产模型如下:

$$\max \pi = r_3 P r_2 f(X) - r_1 P_f X \quad (1)$$

式(1)中: $\pi$ 表示利润函数, $P$ 是农产品市场价格, $f(\cdot)$ 是农业生产函数,此处代表农产品产量, $P_f$ 是农业生产要素价格, $X$ 表示农业生产要素投入量。同时将贯穿农业生产全过程不同阶段风险纳入该农业收入模型,产前风险为 $r_1$ (主要指影响农业生产要素市场价格),产中风险为 $r_2$ (主要指生产过程中遇到灾害等不利情况而减产),产后风险为 $r_3$ (主要指农产品市场价格波动或下降)。式(1)对要素投入 $X$ 的一阶条件得出:

$$\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{r_1}{r_2 r_3} \frac{P_f}{P}, \text{ 令 } \Omega = \frac{r_1}{r_2 r_3}$$

本研究只考虑影响要素和产品价格的风险因子的变动,而其他影响因素暂不予考虑。因此,要素与产品的相对价格不变,仅分析风险因子的相对变化对农业生产的影响。从中看出, $\Omega$ 有 $>$ , $=$ 或 $<1$ 3种情况(不论哪种情况 $\Omega$ 始终 $>0$ ),并对农业生产曲线有不同的作用效果,需分别讨论3种情况下其对农业生产的影响。

3个风险因子中,只有产中风险因子 $r_2$ 属于生产风险,并且完全外生,具有随机性和不可控性;而产前和产后风险属于市场风险或政策风险,多数情况下内生于市场经济体系。因此围绕外生风险因子 $r_2$ 研究,分别分析其相对固定和变化时,对农业生产的影响。

首先假定产中风险因子不变,即影响农业生产的灾害等自然因素的发生频率和危害程度保持稳定。当 $r_2$ 固定时:

1) $\Omega=1$ ,产前和产后风险同时同方向变动,且变动程度相同。3类农业风险达到相对稳定的均衡状态,此时生产函数根据一阶条件的性质达到最优效率的生产点,即 $\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{r_1}{r_2 r_3} \frac{P_f}{P} = \frac{P_f}{P}$ 。图2中表现为最优投入为 $x_0$ ,产出为 $y_0$ 。

2) $\Omega>1$ ,产前风险相对产后风险增加,即要素市场风险增大,表示为 $\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{r_1}{r_2 r_3} \frac{P_f}{P} > \frac{P_f}{P}$ 。与均衡时投入-产出不同,此时,要素投入减少为 $x_1$ ,产出减少为 $y_1$ ,投入和产出均比均衡点降低,但从图2直观看,产出的下降幅度远大于投入的减少程度。

3) $\Omega<1$ ,产前风险相对产后风险降低,即产品市场风险增大,表示为 $\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{r_1}{r_2 r_3} \frac{P_f}{P} < \frac{P_f}{P}$ 。与均衡时投入-产出不同,此时,要素投入增加为 $x_2$ ,产出增加为 $y_2$ ,投入和产出均比均衡点增加。

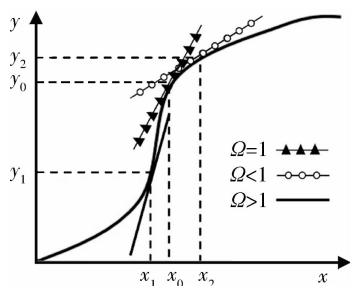


图2 产中风险固定时投入-产出变化

Fig. 2 Changes of input-output when production risk fixed

以上是在产中风险保持不变时,均衡投入-产出与最优投入-产出的差异。在此基础上,分析农户预期产中风险变化的情况下,如何影响农业投入和产出。产中风险 $r_2$ 的变化分为增大和减小2种情况,其对农业生产的影响是完全相反的,但其对农业生产影响的机理相同,此处只以预期产中风险增加为

例分析,风险降低的情况与此相反,不再列举分析。在同等投入条件下,降低了农业期望产出,在图3中表示为生产函数的向下“跳跃”。当 $r_2$ 增大时:

1) $\Omega=1$ ,即产前风险相对产后风险增加,或后者相对前者降低,与产中风险不变的情况一样,达到均衡的投入-产出点,表示为 $\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{r_1}{r_2 r_3} \frac{P_f}{P} = \frac{P_f}{P}$ 。此时投入为 $x_0$ ,产出为 $y_0$ 。

2) $\Omega>1$ ,即产前风险相对产后风险大幅增加,或后者相对前者大幅降低,表示为 $\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{r_1}{r_2 r_3} \frac{P_f}{P} > \frac{P_f}{P}$ ,此时投入和产出规模同时减小,但处于边际产出增长率递增阶段,相对均衡投入-产出点,此时要素投入增加为 $x_1$ ,产出增加为 $y_1$ ,投入和产出均比均衡点增加。

3) $\Omega<1$ ,此时,投入和产出规模都增加,但边际产出增长率递减,表示为 $\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{r_1}{r_2 r_3} \frac{P_f}{P} < \frac{P_f}{P}$ ,相对均衡投入-产出,此时要素投入增加为 $x_2$ ,产出增加为 $y_2$ ,投入和产出均比均衡点增加。

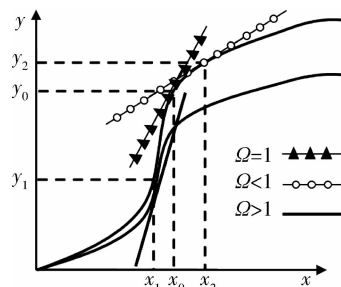


图3 产中风险增加时投入-产出变化

Fig. 3 Changes of input-output when production risk increased

在产中风险不变的情况下( $r_2$ 固定),理性农业生产者会选择一阶条件时的最优投入-产出点进行农业生产,即均衡投入-产出点。但实际上,由于自然条件的不可预知性,预期产中风险增加的情况下( $r_2$ 增加),理性农业生产者不再选择一阶条件时均衡的投入-产出点进行农业生产,因为此时同样规模投入的产出相对前者降低。同样也不会选择增加投入规模,这是因为:一是在产中风险增加前提下,大于一阶条件时的投入规模都不经济;二是相对于产中风险固定的情况,维持原有投入规模也会造成生产效率的下降,即投入-产出比增加。因此理性农业

生产者,在产中风险预期增加的情况下,会选择降低投入规模。

### 3 收入稳定性模拟分析

前文通过构建理论模型,在农业产中风险固定和预期增加的情况下,分别定性分析了农业投入选择和产出规模的变化。对于理性农业生产者,选择降低农业投入规模进行生产的唯一目的就是收入(利润)最大化,或实现收入稳定性。但是否减少投入依然能够维持农业生产者的预期收入?或者在预期风险增加的情况下,农业收入是否具有稳定性?基于上述问题,在理论分析的基础上,模拟分析农业生产者在预期产中风险增加的情况下农业收入稳定性情况及其实现条件。

#### 3.1 动态收入模型

根据前述的分析条件,在产中风险固定的情况下,建立关于农业风险的收入函数  $I$ 。为研究农业收入关于时间的动态稳定性,引入时间变量  $t$ ,构造关于时间的农业收入函数  $I(t)$  如式(2)所示:

$$I(t) = I[P(r_3(t))Y(r_2(t), X(t)), P_f(r_1(t))X(t)] \quad (2)$$

式(2)是关于农产品市场价格  $P$ 、农产品产量  $Y$ 、农业生产要素价格  $P_f$  (多种生产要素加权的生产成本价格)和农业生产要素投入量  $X$  的函数,同时将贯穿农业生产全过程不同阶段风险纳入该收入模型,产前风险为  $r_1$ ,产中风险为  $r_2$ ,产后风险为  $r_3$ ,同样将时间因子纳入此函数各变量中,并对其做如下基本假设:

1) 政策具有连贯性,在一个农业生产周期中作为外生变量保持不变;

2) 产前、产中和产后风险独立,且风险  $r$  是连续函数,满足  $r=r(t)$ ;

3) 每个生产周期结束后,农产品市场出清,即农产品产量=农产品销量;

4) 农业收入作为农业生产者的主要或唯一收入来源,而不考虑其他形式收入;

5) 农产品市场价格是包含农产品供给、需求、市场风险和其他外生影响因素的函数,表示为:  $P = P(Y, D, r, \dots)$

将式(2)中收入对时间求导,得到收入变化的一阶条件如式(3)所示:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\partial I}{\partial(PY)} \left[ P \left( \frac{\partial Y}{\partial r_2} \frac{dr_2}{dt} + \frac{\partial Y}{\partial X} \frac{dX}{dt} \right) + Y \frac{\partial P}{\partial r_3} \frac{dr_3}{dt} \right] +$$

$$\frac{\partial I}{\partial(P_f X)} \left[ P_f \frac{dX}{dt} + X \frac{\partial P_f}{\partial r_1} \frac{dr_1}{dt} \right] \quad (3)$$

将式(3)变形为以弹性参数表示的收入函数形式如式(4):

$$\begin{aligned} \frac{dI}{dt} = & \frac{\partial I}{\partial(PY)} \frac{IPYr_2}{IYr_2} \frac{\partial Y}{\partial r_2} \frac{dr_2}{dt} + \\ & \frac{\partial I}{\partial(PY)} \frac{IPYX}{IYX} \frac{\partial Y}{\partial X} \frac{dX}{dt} + \frac{\partial I}{\partial(PY)} \frac{IPYr_3}{IPr_3} \frac{\partial P}{\partial r_3} \frac{dr_3}{dt} + \\ & \frac{\partial I}{\partial(P_f X)} \frac{IP_f X}{IX} \frac{dX}{dt} + \frac{\partial I}{\partial(P_f X)} \frac{IP_f X r_1}{IP_f r_1} \frac{\partial P_f}{\partial r_1} \frac{dr_1}{dt} \end{aligned} \quad (4)$$

式(4)中  $\frac{\partial I}{\partial(PY)} \frac{PY}{I}$  表示农业收入对农业销售额的弹性,用  $\eta_{(PY)}^I$  表示;

$\frac{\partial Y}{\partial r_2} \frac{r_2}{Y}$  表示农业产量对产中风险  $r_2$  的弹性,用  $\eta_{r_2}^Y$  表示;

$\frac{\partial P}{\partial r_3} \frac{r_3}{P}$  表示农产品市场价格对产后风险  $r_3$  的弹性,用  $\eta_{r_3}^P$  表示;

$\frac{\partial I}{\partial(P_f X)} \frac{P_f X}{I}$  表示农业收入对要素投入(成本)的弹性,用  $\eta_{(P_f X)}^I$  表示;

$\frac{\partial P_f}{\partial r_1} \frac{r_1}{P_f}$  表示生产要素价格对产前风险  $r_1$  的弹性,用  $\eta_{r_1}^{P_f}$  表示;

$\frac{dX}{dt} \frac{1}{X}$  表示生产要素使用量的增长率;

$\frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1}$ ,  $\frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2}$ ,  $\frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3}$  分别表示产前风险  $r_1$ , 产中风险  $r_2$  和产后风险  $r_3$  随时间的变化率。由于前文分析假定产中风险固定不变,即  $\frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} = 0$ 。

因此,以弹性表示的收入对时间求导的最终函数形式如式(5)所示:

$$\begin{aligned} \frac{dI}{dt} = & I\eta_{(PY)}^I \eta_{r_2}^Y \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + I\eta_{(PY)}^I \eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} + \\ & I\eta_{(P_f X)}^I \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + I\eta_{(P_f X)}^I \eta_{r_1}^{P_f} \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \end{aligned} \quad (5)$$

一般情况,农业收入随农产品销售额的增加而增加,即  $\eta_{(PY)}^I > 0$ ; 在生产过程中,农产品产量(期望产量)随产中风险增加而减小,即  $\eta_{r_2}^Y < 0$ ; 农产品市场价格随产后风险  $r_3$  增加而下降,即  $\eta_{r_3}^P < 0$ ; 在其他条件不变的情况下,农业收入随生产成本的增加而下降,即  $\eta_{(P_f X)}^I < 0$ ; 农业生产要素价格随产前风险  $r_1$  的增加而增加,即  $\eta_{r_1}^{P_f} > 0$ 。

为与前文理论分析相对应,理性农业生产者在预期产中风险增加的情况下,其动态收入表示为:

$$I_2(t) = I[P(r_3(t))Y_2(r_2(t), X(t)), P_f(r_1(t))X(t)] \quad (6)$$

式(6)中各变量含义与式(2)相同,收入和产量的脚标表示预期产中风险变化时新的动态收入模型。

由于预期产中风险的增加,从而 $\frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} > 0$ ,同样将式(6)变型以弹性形式表示为:

$$\begin{aligned} \frac{dI_2}{dt} = & I_2 \eta_{(PY_2)}^Y \eta_{r_2}^Y \frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} + I_2 \eta_{(PY_2)}^X \eta_X^Y \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \\ & I_2 \eta_{(PY_2)}^P \eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} + I_2 \eta_{(P_f X)}^P \eta_{r_1}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} + \end{aligned} \quad (7)$$

### 3.2 动态收入稳定性模拟分析及讨论

预期产中风险增加时,农业收入的稳定性可利用 Lyapunof 稳定性定理(该定理的定义及函数形式在文末以附录形式呈现)分析。为保证可微函数不小于零的性质,构造动态收入的 Lyapunof 函数  $V(t)$  如下:

$$V[I(t), I_2(t)] = [I(t)]^2 + [I_2(t)]^2 \geq 0 \quad (8)$$

将式(8)中  $V$  对时间  $t$  求导,得到其可微函数,同时将式(5)和式(7)带入其中,得出:

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} = & 2I \frac{dI}{dt} + 2I_2 \frac{dI_2}{dt} = \\ & 2I^2 \left( \eta_{(PY)}^Y \eta_X^Y \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \eta_{(PY)}^P \eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} + \right. \\ & \left. \eta_{(P_f X)}^P \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \eta_{(P_f X)}^P \eta_{r_1}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \right) + \\ & 2I_2^2 \left( \eta_{(PY_2)}^Y \eta_{r_2}^Y \frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} + \eta_{(PY_2)}^X \eta_X^Y \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \right. \\ & \left. \eta_{(PY_2)}^P \eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} + \eta_{(P_f X)}^P \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \eta_{(P_f X)}^P \eta_{r_1}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \right) \end{aligned}$$

由 Lyapunof 稳定性定理可知,当 $\frac{dV}{dt} \leq 0$ 时,平衡点是稳定的,而当 $\frac{dV}{dt} < 0$ 时,平衡点则在适当小的领域内,是渐进稳定的。在本研究中,若要收入稳定,必须满足:

$$\begin{aligned} & I^2 \left( \eta_{(PY)}^Y \eta_X^Y \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \eta_{(PY)}^P \eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} + \right. \\ & \left. \eta_{(P_f X)}^P \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \eta_{(P_f X)}^P \eta_{r_1}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \right) + \\ & I_2^2 \left( \eta_{(PY_2)}^Y \eta_{r_2}^Y \frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} + \eta_{(PY_2)}^X \eta_X^Y \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \left. \eta_{(PY_2)}^P \eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} + \eta_{(P_f X)}^P \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} + \right. \\ & \left. \eta_{(P_f X)}^P \eta_{r_1}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \right) \leq 0 \quad (9) \end{aligned}$$

为方便讨论,将式(9)以矩阵相乘的形式表示如下:

$$\begin{aligned} \mathbf{A}_1 = & \begin{bmatrix} I_2^2 \eta_{(PY_2)}^Y \frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} \\ (I^2 \eta_{(PY)}^Y + I_2^2 \eta_{(PY_2)}^Y) \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} \\ (I^2 \eta_{(PY)}^X + I_2^2 \eta_{(PY_2)}^X) \eta_X^Y \\ I^2 \eta_{(P_f X)}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \\ I^2 \\ I_2^2 \\ I_2^2 \eta_{(P_f X)}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \end{bmatrix}^T \\ \mathbf{B}_1 = & \begin{bmatrix} \eta_{r_2}^Y \\ \eta_{r_3}^P \\ \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{(P_f X)}^P \\ \eta_{(P_f X)}^Y \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{(P_f X)}^P \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{(P_f X)}^P \end{bmatrix} \end{aligned}$$

每个矩阵中各有 7 个元素,根据前文分析,预期产中风险增加时( $\frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} > 0$ ),理性生产者会选择  $\Omega > 1$  的投入-产出点。此时,产前风险相对产后风险大幅增加,或后者相对前者大幅降低,亦或者产前风险增加而产后风险降低(只需判断风险变动的方向即可做定性分析),根据这 3 类情况,调整相乘矩阵中的元素分配。

1) 产前风险相对产后风险大幅增加,表示这 2 类风险均增加,即( $\frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} > 0, \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} > 0$ ),其矩阵结构如  $\mathbf{A}_1$  和  $\mathbf{B}_1$ ,使  $\mathbf{A}_1$  中的所有元素均大于零。

2) 产后风险相对产前风险大幅降低,表示为这 2 类风险都降低,即( $\frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} < 0, \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} < 0$ ),重新构建矩阵  $\mathbf{A}_2$  和  $\mathbf{B}_2$ ,同样使  $\mathbf{A}_2$  中的所有元素均大于零。如下:

$$A_2 = \begin{bmatrix} I_2^2 \eta_{PY_2}^I \frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} \\ (I^2 \eta_{PY}^I + I_2^2 \eta_{PY_2}^I) \\ (I^2 \eta_{PY}^I + I_2^2 \eta_{PY_2}^I) \eta_{X}^Y \\ I^2 \eta_{r_1}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \\ I^2 \\ I_2^2 \\ I_2^2 \eta_{r_1}^P \end{bmatrix}^T$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} \eta_{r_2}^Y \\ \eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} \\ \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{P_f X}^I \\ \eta_{P_f X}^I \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{P_f X}^I \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{P_f X}^I \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \end{bmatrix}$$

3) 产前风险增加而产后风险降低, 即

$$\left( \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} > 0, \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} < 0 \right), \text{构建矩阵 } A_3 \text{ 和 } B_3, \text{ 同样使}$$

$A_3$  中的元素均大于零。如下:

$$A_3 = \begin{bmatrix} I_2^2 \eta_{PY_2}^I \frac{dr_2}{dt} \frac{1}{r_2} \\ (I^2 \eta_{PY}^I + I_2^2 \eta_{PY_2}^I) \\ (I^2 \eta_{PY}^I + I_2^2 \eta_{PY_2}^I) \eta_{X}^Y \\ I^2 \eta_{r_1}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \\ I^2 \\ I_2^2 \\ I_2^2 \eta_{r_1}^P \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \end{bmatrix}^T$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} \eta_{r_2}^Y \\ \eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3} \\ \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{P_f X}^I \\ \eta_{P_f X}^I \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{P_f X}^I \frac{dX}{dt} \frac{1}{X} \\ \eta_{P_f X}^I \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1} \end{bmatrix}$$

要满足矩阵  $A_i$  和  $B_i$  相乘不大于零, 在不考虑两矩阵中各元素相对大小和变化幅度的情况下, 若  $A_i$  矩阵元素都大于零, 需  $B_i$  矩阵元素均小于零即可满足, 这是收入稳定性的“紧约束”条件。

第 1 种情况, 由前文对动态收入模型中对各弹性指标的定义可知, 矩阵  $B_1$  中产出对产中风险  $\eta_{r_2}^Y$ 、产品价格对产后市场风险  $\eta_{r_3}^P$  和收入对要素投入成本  $\eta_{P_f X}^I$  和  $\eta_{P_f X}^I$  均小于零, 这就意味着,  $\eta_{P_f X}^I \frac{dX}{dt} \frac{1}{X}$  与  $\frac{dX}{dt} \frac{1}{X}$  的符号完全相反。如前所述, 预期产中风险增加时, 理性的投入-产出相对降低, 此时, 并不能保证实现动态收入稳定性“紧约束”条件。

第 2 种情况, 预期产中风险增加时, 理性农业生产者选择投入-产出规模相对降低, 矩阵  $B_2$  中的元素  $\eta_{P_f X}^I \frac{dX}{dt} \frac{1}{X}$ 、 $\eta_{r_3}^P \frac{dr_3}{dt} \frac{1}{r_3}$ 、 $\eta_{P_f X}^I \frac{dX}{dt} \frac{1}{X}$  和  $\eta_{P_f X}^I \frac{dr_1}{dt} \frac{1}{r_1}$  的符号与  $\frac{dX}{dt} \frac{1}{X}$  也截然相反。不论投入变化方向如何, 并不能实现动态收入稳定性“紧约束”条件。

第 3 种情况, 与第 1 和第 2 种情况类似, 此处不再赘述, 仍然不能保证实现动态收入稳定性。

综上, 在前文理论分析的基础上, 构建动态收入函数模拟分析预期产中风险增加对农业收入稳定性的影响。3 种情况中, 在预期产中风险增加的情况下, 理性农业投入-产出规模相对下降。这是农业生产者的理性选择, 但仍然不能保证实现农业收入的稳定性, 之所以用“保证”, 是因为没有实现动态收入稳定性的“紧约束”条件, 当然还有矩阵中各元素相对大小及符号变化等“松弛约束”条件, 但无精确数据支撑, 暂不讨论。而且随着收入稳定性丧失, 理性农业投入有进一步减小的可能。即使没有达到理性农业生产, 投入的变化仍然不能保证实现动态农业收入的稳定性。

#### 4 小 结

本研究首先将不同类别农业风险按照时间风险分为产前、产中和产后风险; 并将其纳入比较静态农业生产利润函数, 定性分析在利润最大化条件下, 农业投入和产出均衡变化; 接着以产中风险为中心, 预期其固定和变化的情况下, 比较分析理性农业生产者的最优投入与产出点与均衡投入-产出的变化和差异; 在此基础上, 构建包含 3 类农业风险的动态农业收入函数, 利用 Lyapunof 稳定性定理, 分析讨论在

预期产中风险情形下,调整农业投入对农业收入稳定的作用机制及其影响因素。最终得到以下结论:

第一,产中风险以自然风险为主,具有外生性和不确定性;其对生产函数的作用机理类似于技术进步对农业生产的冲击,预期产中风险增加时,生产函数曲线会向下“跳跃”,表示在其他条件不变时,产量骤减。

第二,产中风险预期增加的情况下,理性的最优投入-产出点并不是均衡状态的投入-产出点,其选择的投入-产出规模相对减小。

第三,理性生产者的最优投入-产出在产中风险预期增加的情况下,并不能实现收入的动态稳定性。而且,收入稳定性的“紧约束”条件很难实现。即使理性生产者准确有效地预测产中风险,无论如何调整生产策略,也无论产前和产后风险的相对变化如何,这一结果都很难规避风险对收入波动的影响。

综上所述,相比产中风险固定,预期农业产中风险增加时,理性生产者最优投入-产出相对均衡状态时减小。因此,风险预期下的农业生产,必须依靠技术进步或规模经营使同等条件下生产函数曲线向上“伸展”,以弥补预期风险导致其向下的“跳跃”,从而导致的产量骤减;农业生产系统内部的调整无法实现收入稳定性,这就需要“系统内损失系统外补”,一是尽量减少可变生产要素的投入量,提高可变要素使用效率,二是降低物化成本在农业总成本中的比重,三是在产量基本稳定情况下,稳定价格,从而提高产品成本收益率。

## 附录: Lyapunof 稳定性定理

Lyapunof 稳定性定理,是判断微分方程在平衡点的稳定性和将近稳定性的直接方法。其表示为:对于方程组:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n, t), i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

当且仅当其可微函数  $V(\bullet)$  在 1 个圆点邻域内满足以下条件,就称为 Lyapunof 函数:

$$1) V(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0 (\text{或} \leq 0), \text{当且仅当 } x = 0$$

时,  $V = 0$ ;

$$2) V \text{ 沿方程(10)的全导数 } \frac{dV}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V}{\partial x_i} \frac{dx_i}{dt} =$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial V}{\partial x_i} f_i(x_1, x_2, \dots, x_n, t) \leq 0 (\text{或} \geq 0);$$

此时,式(10)在均衡点  $x = 0$  处是稳定的。

## 参 考 文 献

- [1] 刘布春. 农业保险的理论与实践[M]. 北京:科学出版社,2010
- [2] 虞国柱,李军. 中国农业保险和农村社会保障制度研究[M]. 北京:首都经济贸易大学出版社,2002
- [3] 龙文军. 谁来拯救农业保险:农业保险行为主体互动研究[M]. 北京:中国农业出版社,2004
- [4] 张峭,王克. 农作物生产风险分析的方法和模型[J]. 农业展望, 2007(8):7-10
- [5] 马九杰,崔卫杰,朱信凯. 农业自然灾害风险对粮食综合生产能力的分析[J]. 农业经济问题,2005(04):14-17
- [6] 韩留富. 农民增收的不确定性 & 风险释放机制研究[J]. 经济体制改革,2012(3):74-77
- [7] 弗兰克·艾利思. 农民经济学:农民家庭农业和农业发展[M]. 胡景北,译. 2版. 上海:上海人民出版社,2006
- [8] 徐会奇,王健宇. 农民收入的不确定性、变化机理及其影响因素[J]. 改革,2007(12):62-69
- [9] 姜长云. 中国农民收入增长趋势的变化[J]. 中国农村经济, 2008(09):11-12
- [10] 贺德方,王国振,李全设,等. 国际金融危机影响下农民增收对策研究[J]. 中国软科学,2009(08):20-26
- [11] 柯炳生. 财政支农资金比重下降现象不容忽视[N]. 农民日报, 2008-07-16(003)
- [12] Hazell P B R. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty [J]. American Journal of Agricultural Economics, 1971, 1 (53):53-62
- [13] Bechtel A I, Young D L. The importance of using farm level risk estimates in crop enrollment decisions[C]//Louisiana state university. Presented at Western Agricultural Economics Association Annual Meeting. Fargo, 1999
- [14] 姜会飞. 农业保险费率 and 保费的计算方法研究[J]. 中国农业大学学报,2009,14(6):109-117
- [15] 王克,张峭. 农作物单产风险分布对保险费率厘定的影响:以新疆3县(市)棉花单产保险为例[J]. 中国农业大学学报,2010, 15(2):114-120
- [16] 张林秀,徐晓明. 农户生产在不同政策环境下行为研究[J]. 农业技术经济,1996(4):27-32
- [17] 陆文聪,西爱琴. 农户农业生产的风险反应:以浙江为例的 MOTAD 模型分析[J]. 中国农村经济,2005(12):68-75