

# 我国农业科研投资效率的研究<sup>1</sup>

李锐<sup>1,2</sup>, 李子奈<sup>2</sup>

11(北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100083; 21 清华大学经济管理学院, 北京 100084)

**摘要:** 定量分析了我国农业技术的变化, 集中估算了我国农业科研投资的效率, 并检验了诱致性创新假说的有效性. 采用的是参数-非参数混合的分析方法, 首先, 在存在多种农产品的框架下, 通过对生产集一般性的非参数描述, 以净产出增量0的形式对技术的变化进行了剖析, 然后, 确定了净产出增量、农业科研投资和相对价格变化之间的动态参数关系. 实证分析结果表明, 我国农业科研投资对资本、中间投入要素、粮食和肉类产品产生了较大的作用; 通过诱致性创新, 市场机制主要在产出方面也发挥了一定影响.

**关键词:** 农业科研; 投资效率; 参数-非参数混合方法

中图分类号: F304.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-9807(2007)04-0081-09

## 0 引言

自从 Griliches<sup>[1]</sup>对农业科研投资的效率进行定量分析以来, 这一研究领域引起了经济学家和科研管理者的广泛兴趣. 过去的近50年里, 对农业科研投资效率所作的研究, 尽管分析方法多达120种<sup>[2,3]</sup>, 但基本的方法也就是两种, 一种是经济剩余法, 另一种是生产函数法, 其余方法都是这两种方法的变体或衍生物. 采用这些方法所作的大量研究表明, 对种植业而言, 科研投资的年收益率一般都在30%~50%的幅度内; 全球农业科研投资的回报率平均为49%左右; 一些发展中国家农业科研投资的社会效益已超过了100%, 绝大部分都在30%以上<sup>[4,5]</sup>. 按照这些研究的结果, 很显然, 农业科研投资的收益率要远远高于其它领域投资的期望收益率. 既然农业科研投资的收益如此之高, 为什么私人部门和政府公共部门不愿意多增加对农业科研的投资呢? 除了政治经济学和风险等方面的原因外, 另一个重要的原因很可能是农业科研投资的收益率被高估了, 许多研究也都得出了类似的结论.

本文试图采用非参数计量方法估计农业科研投资的效率<sup>[6~9]</sup>. 由于非参数计量方法在分析生产技术时, 不仅回归函数的形式可以是任意的, 没有任何约束, 而且对解释变量和被解释变量分布的限制也很少, 因此, 这种方法具有很强的适应性, 所得出的结论也就更具有一般性; 不仅如此, 采用这种估计方法还可以对投入要素和产出进行分解. 显然, 减少假设条件, 无疑会提高估计结果的准确度, 从而在一定程度上纠正农业科研投资效率高估的倾向. 本文的最终目的是要估计农业科研投资所引致的技术变化和经济效益, 并且对诱致性创新假说进行检验.

## 1 理论框架和分析方法

运用非参数计量方法估计农业科研投资效率的全过程可分为4个步骤.

### 1.1 生产技术和技术变化的非参数分析

假定某一行业有  $n$  种物品用作投入和产出, 本文将投入看成是负的产出, 所有生产上可行的技术构成一个集合, 用  $R^n$  中的一个子集  $Y$  来表示它, 子

<sup>1</sup> 收稿日期: 2005-02-03; 修订日期: 2005-05-27.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70273052).

作者简介: 李锐(1967), 男, 湖南岳阳人, 博士, 副研究员. Email: liui@buaa.edu.cn

集  $Y$  就描述了所有技术上可行的投入和产出模式, 那么技术上可行的  $(n \text{ @} 1)$  净产出矢量  $x = (x_1, \dots, x_n)c$  满足  $x \in Y$ . 为了保证具有鞍点特征, 假定生产可能性集合  $Y$  是非空的、凸的和负单调性的. 净产出矢量可划分为两个部分, 用矢量  $x = (x_I, x_O)$  表示,  $x_O \setminus 0$ , 为  $(q \text{ @} 1)$  产出矢量;  $x_I \setminus 0$ , 为  $(r \text{ @} 1)$  投入要素矢量; 并且  $q + r = n$ ; 相应地, 净产出集合也可以划分为两部分, 即  $N = \{N_I, N_O\}$ ,  $N_I = \{i: x_i \setminus 0; i \in N\}$  为投入要素集合;  $N_O = \{i: x_i \setminus 0; i \in N\}$  为产出集合. 净产出矢量  $x$  与市场价格矢量  $p = (p_1, \dots, p_n)c$  相关联.

从利润最大化问题出发, 可导出间接利润函数  $P(p) = \max_x \{px: x \in Y\}$ ,  $px$  为行业利润, 对此问题求解能得到最优净供给和需求矢量  $x^*(p)$ . 假定全行业的生产决策和市场价格在样本期间  $T = \{1, 2, \dots, r\}$  都可以观测到, 并用矢量  $x_t = (x_{It}, \dots, x_{nt})c$  和  $p_t = (p_{1t}, \dots, p_{nt})c$  来表示第  $t$  个观测值, 如果利润最大化假设成立, 则  $x_t = x^*(p)$ , 并且根据与 (1) 相关的鞍点特征可以导出一个基本的命题<sup>[7, 10]</sup>: 如果数据满足利润最大化弱公理(WAPM), 即  $p_t^T x_t \setminus p_s^T x_s, P, s, t \in T$ , 那么就存在一个单调的、凸的生产技术集合  $Y$ , 使这些数据合理化; 譬如,  $x_t = x^*(p) P, t \in T$ , 其结果是, 通过 WAPM, 观测数据可用来显示潜在的技术集合  $Y$ , 即观测数据能够显示未知的技术集合. 但 Afriat<sup>2</sup>Varian 方法<sup>[7, 10]</sup>并不适合时间序列数据, 这主要是因为技术变化的情况下, 就样本期间所有的观测数据来说, 生产集合也是变化的, 每一次观测都很有可能对应着不同的集合. 在此, 数据违背了 WAPM, 并不是因为利润最大化的假设不成立, 而是因为数据在样本期间显示的是不同的技术.

尽管如此, 在技术变化的情况下, 依然可以运用非参数的显示技术原理. Chavas 和 Cox 对非参数方法作了修正和完善, 充分考虑了技术的变化<sup>[8, 9]</sup>. 首先, 将观测得到的净产出矢量  $x_t = (x_{1t}, \dots, x_{nt})c$  与有效净产出矢量  $X_t = (X_{1t}, \dots, X_{nt})c$  区别开来, 重新定义后者的技术集合. 可以把这个新的矢量看成是观测得到的净产出被特定指数修正后的数值. 然后, 再对连接观测净产出和有效净产出的关系作假设, 即/ 增量假设0, 表述如下

$$X_{it} = X(x_{it}, A_{it}) \quad i \in N, t \in T \quad (1)$$

在此,  $X(x, \#)$  是  $x$  的逆函数,  $A_{it}$  为与第  $i$  个净产出和第  $t$  次观测相对应的技术指数. 因为等式 (1) 是可逆函数, 所以可以导出

$$x_{it} = x(X_{it}, A_{it}) \quad i \in N, t \in T \quad (2)$$

在/ 增量假设0 条件下, 通过把观测净产出的数值转换为有效净产出的数值, 就可以根据有效净产出集合  $X_t \in Y^e$  来改写生产集合  $Y^e \subset R^n$ . 在此,  $X_t = (X_{1t}, \dots, X_{nt})c$  表示  $t$  时间的有效净产出矢量,  $Y^e$  构成所增加的(或有效的) 技术集合. 重新定义后, 就可以在将非参数分析方法运用于研究生产问题的过程中, 通过指数  $A$ , 引入技术的变化.

但是, 为了使/ 增量假设0 在经验分析中具有可操作性, 还必须设定函数  $x(X, A)$  的具体形式. 由于/ 平移假设0 非常简便, 且在经验分析过程中比较容易处理, 所以, 就采用这种假设条件下的设定形式:  $x_i = X_i + A_i$ . 因为是以有效净产出而不是观测净产出来表述函数, 所以, 为了能够通过 WAPM 来显示所增加的技术, 有必要任意选择具体的设定形式, 其结果必然要求导出等式 (1). Chavas 和 Cox 通过参数化, 将非参数方法拓展于技术变化分析<sup>[8, 9]</sup>. 由此, 就可以把间接利润函数改写为

$$\begin{aligned} P(p_t, A_t) &= \max_x \{p_t^T (X + A_t): X \in Y^e\} \\ &= p_t^T A_t + \max_x \{p_t^T X: X \in Y^e\} \end{aligned} \quad (3)$$

在式 (3) 中, 间接利润函数既有价格变量, 又有  $A_t$  指数. 式 (3) 中的问题是有效净产出, 而不是观测净产出. 于是, 这个增量利润最大化问题的鞍点特征就产生了显示技术新的公理, 即 WAPM 与式 (3) 结合而产生了增量 WAPM, 且能够用关系式  $p_t^T x_t \setminus p_s^T x_s, P, s, t \in T$  表示, 因此,  $p_t^T [x_t - A_t] \setminus p_s^T [x_s - A_s], P, s, t \in T$ .

## 1.2 技术指数的参数定义

即使在技术变化时, 增量 WAPM 也允许数据显示技术. 如果观测矢量为  $x_t$  和  $p_t$ , 那么技术指数就可以通过增量 WAPM 确定下来. 除此之外, 还可以作进一步的分析. Afriat、Chavas 和 Cox 运用技术指数研究了农业技术变化的源泉, 其共同的做法是, 假定所有技术指数是外生变量的函数, 且其函数关系是参数化的<sup>[7~9]</sup>. Perdey 和 Craig 提出将公共和私人部门的科研投资作为农业技术变化之源泉<sup>[11]</sup>. 为了研究诱致性创新机制, 他们分析了

投入要素和农产品相对价格的作用. 技术指数和可能原因之间的关系可以用下面的等式表示出来

$$A_{it} = A_t + \sum_{j=0}^m \{ B_j + (P_{i,t-j} - 1) C_j \} R_{t-j} \quad i \in I, N, t \in T \quad (4)$$

式中:  $R_{t-j}$  为不同科研投资的滞后影响权数, 用  $(k-1)$  矢量表示;  $P_{i,t-j}$  为  $t-j$  时相对于第  $i$  个净产出的价格指数;  $m$  为科研投资发挥作用的最大时滞;  $A_t$  为截距, 即投资为零时的  $A$  值;  $B_j$  为  $(1 @ k)$  参数矢量在相对价格指数为常数时量度  $R_{t-j}$  对  $A_{it}$  的边际效果;  $C_j$  也为  $(1 @ k)$  参数矢量, 量度  $P_{i,t-j}$  与  $R_{t-j}$  的相互作用对  $A_{it}$  的影响.

诱致性创新理论意味着相对价格的变化与确定科研投资对具体的投入要素和 / 或农产品产生效果的方向是相对应的. 即如果  $\frac{\partial A_{it}}{\partial R_{t-j}} > 0$ , 那么, 要求  $C_j > 0$  至少有一个  $j$  是成立的. 因此, 运用式 (4) 可以检验诱致性创新假说, 如果  $C_j > 0$  就证明这个假说是有效的.

### 1.3 技术指数和科研投资参数的估计

一些信息可有助于确定技术指数和式 (4) 中的参数. 实际上, 需要能够同时满足确定性关系式 (4) 和增量 WAPM 的数值, 但是, 现有的信息很可能不足以确定所有的未知参数. 估计暗含的技术时, 有无穷多的技术与特定的数据、增量 WAPM 和式 (4) 是一致的, 因此, 满足这些条件的参数集合  $A$ ,  $A$ ,  $B$  和  $C$  也是无穷的. 非参数的技术变化指数和外生变量的参数从根本上来说是难以确定的.

需要为估计参数建立识别标准. 在技术变化出现时, 要求相应的增量使 WAPM 成立. 但当增量很高时, 增量 WAPM 也有可能是成立的. 因此, 在所有可能的参数集合中, 主要对确定增量技术感兴趣, 当然, 增量技术要尽可能地接近观测数据, 且依然要与增量 WAPM 相关联. 任何其它的增量技术, 尽管也使 WAPM 成立, 但高估了技术变化. 此外, 根据式 (4),  $A$  是由外生变量和参数  $A$ ,  $B$  和  $C$  所引起的, 但是, 与式 (4) 和技术指数最小化一致的参数集合却可能有很多, 希望尽可能避免高估这些外生变量效果的风险.

最小化这些参数意味着技术指数最小化, 这些参数定义了外生变量对增量因素的影响效果,

按照此论点, Afriat、Chavas 和 Cox 通过解以下标准二次规划问题

$$\begin{aligned} & \min_{A, B, C} \sum_{i \in I, N} \left\{ \sum_{t \in T} A_{it}^2 + \sum_j (B_j^2 + C_j^2) \right\} B \\ & p_t^T [x_t - A_t] \setminus p_t^T [x_s - A_s] \\ & P_s, t \in I, T; (x_{it} - A_{it}) \setminus 0, \\ & i \in I, N, 0; (x_{it} - A_{it}) \setminus 0, \\ & i \in I, N, t \in T \end{aligned} \quad (5)$$

确定了所有参数<sup>[7-9]</sup>. 式 (5) 涉及参数平方的最小求和、净产出和相关时间, 在此, 参数平方定义外生变量影响增量的程度. 从直觉上来看, 可以避免高估技术变化和外生变量效果的潜在风险, 运用数据使之显示 WAPM 和式 (4) 中的因果关系所容许的最小技术变化. 因为目标函数是最小化后的平方和, 所以, Afriat、Chavas 和 Cox 称式 (5) 为最小平方标准. 此处没有误差项, 因此, 没有合适的方法和统计假设检验可以直接运用. 然而可在式 (5) 中引入约束使参数  $B$  和  $C$  如同锯齿函数那样移动, 或减少需要确定的参数数目.

### 1.4 技术指数的解释

本文的核心是要确定参数和求解服从被显示的增量 WAPM 的技术指数. 按照 / 平移假设 0, Afriat、Chavas 和 Cox 提出<sup>[7-9]</sup>: 如果  $t_c > t$ , 且  $A_{it} \setminus A_{it}$ , 那么, 从  $t$  到  $t_c$  的技术变化就要消耗更多的投入要素. 比较低的  $A_t$  值暗示着为了得到相同水平的有效净产出, 需要更多的投入要素 ( $-x_t \setminus 0$ ); 依次类推, 如果  $A_{it} \setminus A_{it}$ , 则意味着技术的变化是节约投入要素的. 同样的方法也可应用于产出, 不过对符号的解释正好相反.

希克斯偏倚并没有量度技术变化时, 投入要素绝对数量的变化, 而是一种投入要素相对于其它种类的投入要素的相对重要性的变化, 显然这种变化仅仅只是由技术的变化所引起的, 譬如, 使投入要素的价格保持不变, 并且不考虑扩展路径上的任何移动. Afriat、Chavas 和 Cox 的无变化条件可以解释为, 技术指数表示排除了扩展路径上的任何移动后, 只是由于技术变化所引起的某种投入要素的变化. Afriat、Chavas 和 Cox 强调无变化条件可以理解为保持所有其他增量要素不变, 但其他的技术指数并不能保持不变.

Afriat、Chavas 和 Cox 的结果提出了这样一个

问题:怎么解释技术指数呢?为了获得  $A_{it}$  指数非常明确的经济解释,就应该在相关概念中去理解它们,对于给定的投入要素来说,如果它的技术指数减少的幅度大于其它投入要素的技术指数减少的幅度,那么,其技术变化就是耗费更多投入要素的,否则,其技术变化就是节约投入要素的. 可用来与希克斯偏倚进行比较的一个解是将每一个  $A_{it}$  指数同平均数进行比较,修正指数如下

$$A_{it} = A_{it} - \frac{\sum_i A_{it}}{q(r)} P_i I N_i(N_0) \quad (6)$$

可将指数从  $t$  到  $(t+1)$  的变化解释为其他要素不变的情况下,偏离平均值的增量部分.

### 1.5 技术变化指数和科研投资收益率

在估计出净产出的技术指数和  $A$ 、 $B$  和  $C$  参数后,就可以估计技术变化和科研投资收益率了. *Cavas* 依据距离函数,在生产率指数与投入(产出)之间建立起确定的相关关系. 他提出,从所计算出来的增量要素出发,运用非参数方法,可以一般性地计算出这些指数. 计算出来技术指数后,就可以定义全要素生产率(TFP)的 *Malmqvist* 单位了,即量度给定观测值与技术集合  $Y^e$  之间距离的一个单位半径,而且能够很合理地将这个生产率指数解释为由技术变化所引起的成本减少的百分数<sup>[8]</sup>.

对于给定的观测值  $x = (x_0, x_1)$ , 以投入要素为基础的 TFP 指数  $Q$  是最小的指数,有必要重新调整投入矢量  $x_1$ , 以使用所涉及的技术  $Y^e$  能够生产出给定的产出矢量  $x_0$  (以增加的生产边界为条件). 因此,在  $Y^e$  给定的条件下,  $Q$  可以计算出观测净产出与生产边界的距离,计算式如下

$$Q(x, A) = \min_k \{k B [p_0^T x_0 + p_1^T (kx_1)] [p_i x_i; X_i = x_i - A_i; t \in T, k \in R^+]\} \quad (7)$$

但生产率指数要依赖于  $A$  指数,而根据式(4),  $A$  指数反过来又要受到科研支出和相对价格变化的影响. 因此,在某一确定的年份,科研投资的收益率可以通过对科研投资的增量建模而计算出来,那么,根据式(4)和式(5),技术指数  $A$  可以重新计算出来,运用新计算出来的  $A$  还可以根据式(7)计算出新的 TFP 指数. 指数每年的增长描述科研投资边际效果的滞后分布. 因为 TFP 指数的增长可以用减少的成本表示,所以,总投资收益为每年所节约的成本的资金总和. 最后,运用下面的

式(8)可以计算出投资的内部收益率(IRR)

$$\sum_{i=1}^m \frac{\$C_{t+i}}{\$R_t} \frac{1}{(1+IRR)^i} = 1 \quad (8)$$

式中:  $\$C_{t+i}$  为节约的成本;  $\$R_t$  为  $t$  时间增加的投资;  $m$  为投资发生作用的最大滞后年限.

## 2 数据来源及其处理方法

本文采用的数据既包括公共部门的投资(基本上是各级政府部门的投资),也包括私人部门的投资,由于私人部门的投资不能从统计资料或各种文献中查到,只好以典型调查的样本数据进行推算和估计,样本点为湖南、山东、广东、四川、陕西和吉林6省的24家私有制或股份制的农业科研实体. 由于私人投资所占的比重还很小,不到5%,所以,推算误差对结果的影响不大. 公共农业科技投资的数据来源于5全国农业科技统计资料汇编6、5中国科技统计数据集6和财政部农财司综合处. 投入要素与农产品的价格和数量来源于5中国农村经济统计年鉴6. 所有数据都按1980年的价格进行了换算<sup>[12~14]</sup>.

原始数据的样本期间为1976)2002年. 在运用式(4)之前,还必须确定农业科技投资对生产率发生作用的持续年限,也就是滞后年限,由于受数据年限的约束,在研究中,假定滞后年限的最大值为15年. 这样一来,可以对技术变化进行分析的年限就只有12年,即1991)2002年. 最后,  $B$  和  $C$  参数是每3年为一一线形段的齿状函数. 设定第一个( $j=0$ )和最后一个( $j=15$ )参数值为0.

投入要素和农产品的数量都按照 *Theil-Tomqvist* 指数进行加总;式(4)中的相对价格  $P_i$  为第  $i$  个投入要素(农产品)的价格指数与所有投入要素(农产品)的 *Theil-Tomqvist* 指数总和的比率. 在研究过程中,产出方面,主要讨论了粮食、蔬菜、水果、肉类、饲料和其他农作物(主要包括糖料作物和油料作物);在投入要素方面,主要考虑了资本、土地、劳动和中间投入要素.

## 3 经验分析结果

### 3.1 投入要素和农产品技术指数

运用式(6)可以估算出农产品和投入要素的

相对技术指数 A, 结果见图 1 和图 2. 在供给方面, 粮食、肉类、蔬菜和水果的技术指数始终在横轴的上方, 而饲料的技术指数则始终在横轴的下方. 就技术指数的数值来看, 粮食要比其它几类农产品大得多, 排在第 1 位, 肉类产品排在第 2 位, 蔬菜和水果非常接近, 大致处于第 3 的位置; 其他作物产品技术指数的变化基本上是中性的(没有在图中标出). 饲料技术指数的数值每年都为负值, 变化比较平稳. 可用 20 世纪 70 年代初期以来我国农业技术和农产品的变化趋势, 来对研究结果进行解释. 20 世纪 70 年代初期, 杂交水稻在我国农村得到了迅速的应用和推广, 大幅度地提高了我国水稻的单产和总产. 意义不止如此, 它还引发了作物育种、栽培和管理上的一场革命. 受杂交水稻育种理论和方法的影响, 其它作物领域, 譬如, 小麦、水果和蔬菜, 相继育成了一大批优良的品种, 并随之大大提高了作物栽培和管理的技术水平, 从而极

大地提高了许多农产品的品质和产量. 并且, 粮食育种及其理论和方法的研究一直是我国农业科研的重中之重, 取得了农业其他研究领域难以比拟的成就, 因此, 粮食技术指数一马当先自在情理之中. 自从 20 世纪七、八十年代对动物及其产品传统的繁育、养殖、加工制作和组织方式进行根本性的技术变革以来, 肉类, 特别是奶制品的产量得到了大幅度增长. 牲畜基因改良技术的广泛应用不仅巨大地提高了畜产品的生产率, 而且也使动物产品的生产技术持续增长. 最近二、三十年来, 由于市场和收入的导向, 对蔬菜和水果的研究经费增加得很快, 直接导致繁育技术、专用肥料和生物激素, 特别是基因改良技术发展得很快, 从而大大地提高了蔬菜和水果的品质和产量. 与此形成鲜明对照, 由于饲料生产技术没有出现大的突破, 整个样本期间保持相对稳定的状态.

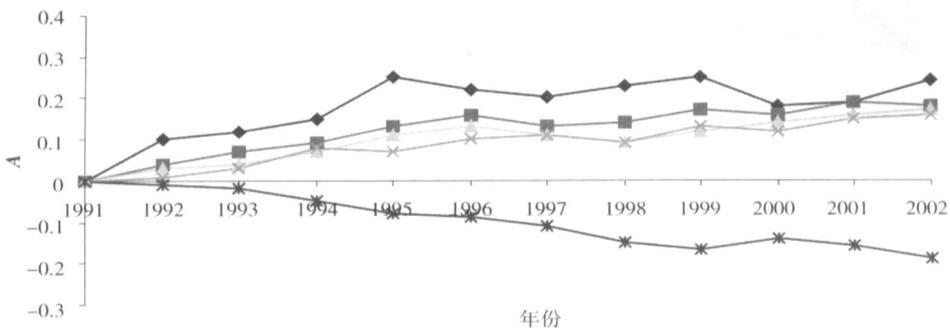


图 1 农产品的技术指数

Fig. 1 Technological indices for agricultural outputs

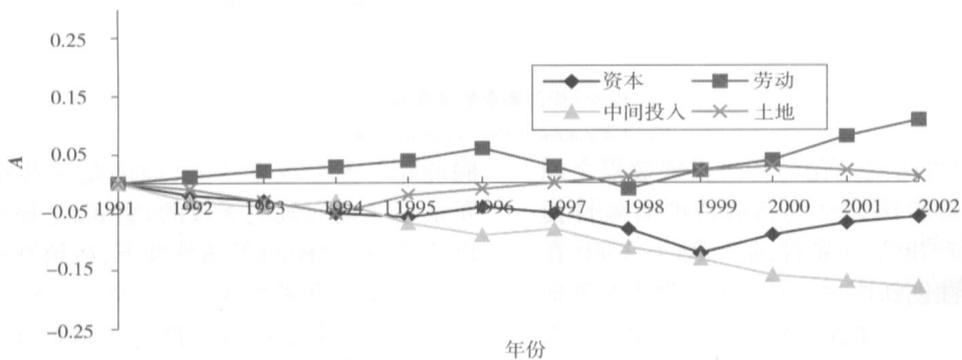


图 2 投入要素的技术指数

Fig. 2 Technological indices for selected inputs

在需求方面, 资本和中间投入要素的技术指数一直处在横轴的下方, 说明我国农业技术变化带来的是更多的资本和中间要素的投入, 农业生产过程中资本和中间要素的投入一年比一年多, 是这个研究结果最有力的经验支持. 劳动的技术指数基本上处于横轴的上方, 说明我国农业技术变化是节约劳动投入的. 有一点特别值得说明, 本文所使用的是劳动力的人数, 而非投入的时间, 主要原因是劳动时间的数据无法得到, 如果单从劳动力人数来看, 研究结果无疑是与实际情况相吻合的, 因为每年都有几千万的农民离开土地外出打工. 土地的技术指数 1997 年之前处在横轴的下方, 1997 年之后处于横轴的上方, 尽管技术指数的符号发生了改变, 但从较长的时

期来看, 技术变化对土地的影响基本上平稳的.

### 3.2 科研投资效果

图 3~ 6 显示了 B 和 C 的估计值. B 表示在不考虑相对价格因素的情况下, 科研投资对生产率的影响. 产出方面, 科研投资很快就会对生产效率产生影响, 其影响要延续许多年, 在本项研究中为 15 年. 与产出形成鲜明的对照, 投入要素方面, 科研投资开始取得效果几乎要在 6 年之后, 而在此之前没有实际效果或实际效果非常小. 从图 3 和图 4 可以看出, 无论是产出方面, 还是投入要素方面, 第 14 年的效果都还很大, 因此, 科研投资产生效果的最大滞后年限可能都不止 15 年, 这一点对劳动投入要素来说, 尤其明显.

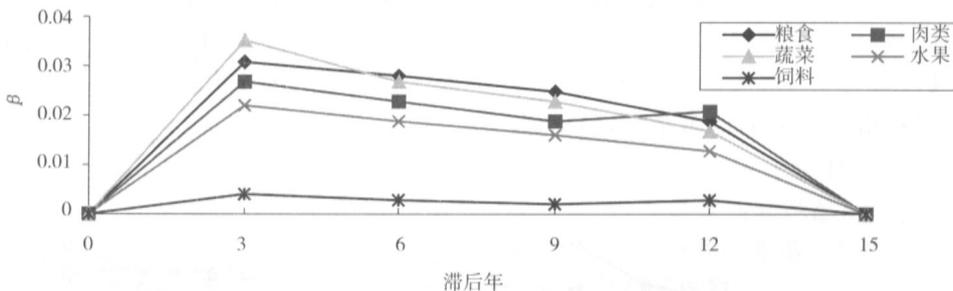


图3 产出品B参数

Fig. 3 B parameters for agricultural outputs

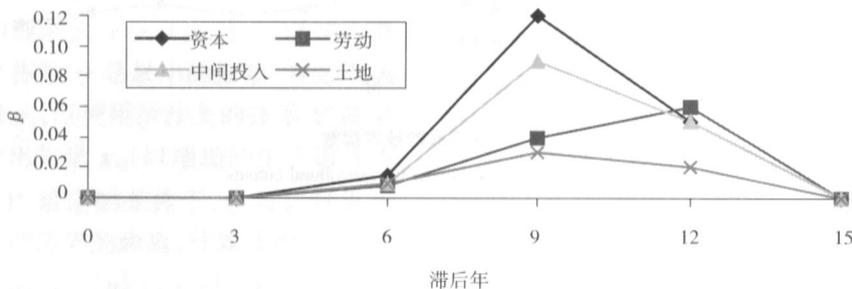


图4 投入要素的B参数

Fig. 4 B parameters for selected inputs

C 表示相对价格的变化与科研投资效果之间的相关关系, 为检验诱致性创新假说的有效性提供经验事实. 从产出方面来看, 估计结果表明: 在样本期间, 诱致性创新假说是成立的. 诱致性创新假说与经验事实一致的结论并不令人惊讶, 目前我国农产品的市场化程度已经相当高了, 能够对价格信号作出灵敏的反应, 改变价格就能改变农民的净收入. 投入要素方面则与此不同, 早些年里, C 为负值, 尔后, 才出现正值, 在此诱致性创新

假说并不完全成立, 究其原因是一些特定的投入要素市场是低效或无效的, 譬如, 土地市场和化肥市场等, 在这样的市场条件下, 诱致性创新假说无疑是难以完全成立的.

B 和 C 也显示科研投资是如何影响技术指数的, 科研投资对粮食、肉类、蔬菜和水果的影响都比较大, 而对饲料和油料等作物产品的影响都比较弱. 就投入要素来看, 农业科研投资提高了农业生产的资本化程度和中间要素的投入强度.

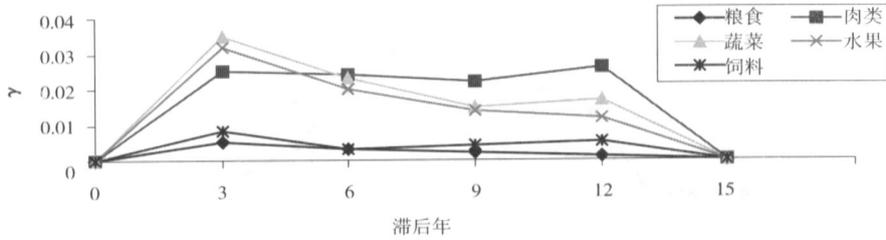


图 5 产出品 C 参数

Fig. 5 C parameters for agricultural outputs

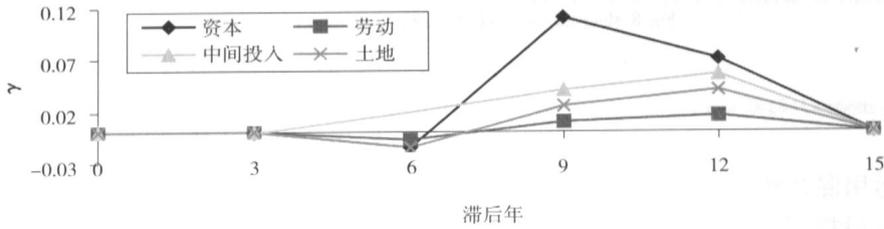


图 6 投入要素的 C 参数

Fig. 6 C parameters for selected inputs

### 3.3 技术变化指数和科研投资收益率

在计算科研投资的收益率之前,必须先计算出诱致生产率的增长幅度.根据式(7),计算出来了 TFP 指数,结果见图 7(1991 年为 1),并且还将其与常用的可分性方法计算出来的 TFP 指数进行了比较.从图 7 可以看出,非参数的 TFP 估计方法

和常用的 TFP 估计方法所得出的结果很接近,到 2000 年后,才出现比较大的差异.技术指数的年均变化率,按照非参数方法和常用方法,分别为 2.5 和 2.1 个百分点.两种方法所得到的结果都表明,进入 2000 年后,技术的变化不仅幅度要大得多,而且也要规则得多.

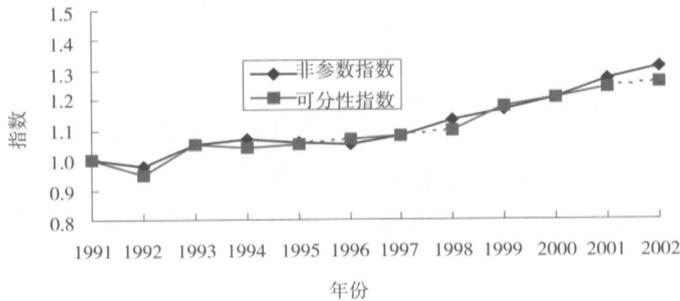


图 7 技术变化指数

Fig. 7 Technical change index

本文还计算了科研投资的变化对生产率的影响效果,其滞后分布结构见图 8.科研投资边际效果总的变动趋势一开始是上升的,第 8 年达到第 1 个极值点,整个样本期间,此处投资效果达到最大.然后开始下降,但到第 12 年出现转折,又开始上升,次年达到第 2 个极值点.最后,一路下降到达终点 0.

运用以上滞后分布结构的数据和式(8),可以计算出科研投资的内部收益率(IRR),为 32.7%,

与之相比,大部分研究人员所得出的结果都要高得多(Alston, 1998).一些学者对我国农业科研投资的 IRR 也进行了估算,其结果都大于 50%<sup>[13]</sup>,由于参数估计方法自身的一些缺陷,以及研究者主观上的偏好,这些学者的研究结果很可能高估了我国农业科研投资的 IRR.由于需要作的假设很少(WAPM 和滞后长度除外),所以,参数)非参数混合估计方法所估计出来的结果,其置信度很可能更高一些.

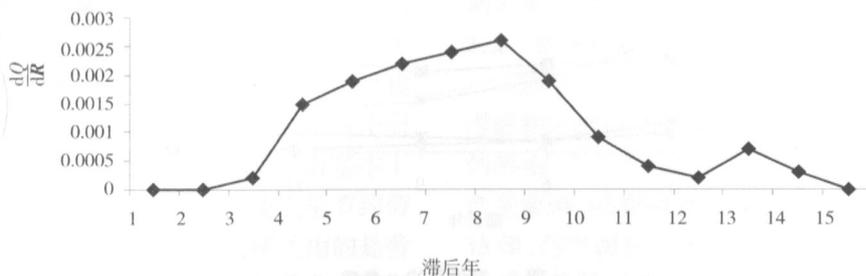


图 8 科研投资的边际效果

Fig. 8 Marginal impacts (dQ/dR) of investments in R&amp;D

## 4 结 论

本文试图运用混合参数)非参数分析方法来研究我国农业科研投资的效率,此方法的主要优点是能够在更一般性的框架中,譬如,存在多种投入要素和多种农产品,来分析技术的变化问题,并且,对科研投资滞后影响效果的估算除了需要假定最大的滞后长度外,不需要其它的假设条件。

研究结果描述了农业科研投资对农产品和投入要素发生作用的效果。农业科研投资在投入后的一些年内会对生产发生作用,这点在产出方面尤其明显,并且,其发生影响的年限很可能要超过本文所设定的最大滞后年限 15 年。经验分析的结果表明,诱致性创新假说在产出方面是有效的,而在投入要素方面,其有效性却要打折扣,因为两者市场的效率存在较大的差异。

这些结果意味着我国农业科研投资的分配长期以来主要遵循选择战略,绝大部分的研究资源

只投入在有限的几种产品上,譬如,粮食作物占了研究经费的 40% 以上,而其它产品尽管很重要或有较高的市场价值,但是,其技术一直依赖于应用研究或来自于其它部门或其它国家的技术转移。然而,这种将研究经费集中用于几种特定的农产品生产所产生的效果并不令人满意。一方面,市场通过诱致性创新机制,发挥了显著的作用,意味着选择性科研投资的效果确实是拉动了需求;另一方面,选择性投资对产出的效果与其对投入要素的结构效应结合了起来,要求投入更多的资本和中间要素,而这种技术变化并不总是人们所期待的。

与常用的参数分析方法相比,非参数方法也存在一些缺陷,它不能够对研究结果履行统计检验,因此,要想确定统计上最显著和最可靠的结果非常困难。为了能够确定技术指数,还需要对涉及农业科研投资的增量假设和技术变化机制的参数设定形式进行假设,非参数方法的一般特性也就由于要引入参数来确定这些指数而削弱了。

## 参 考 文 献:

- [1] Griliches Z. Research costs and social returns: Hybrid corn and related innovations[J]. Journal of Political Economy, 1958, 66: 419) 431.
- [2] Echeverria R G. Assessing the Impact of Agricultural Research[M]. The Hague: International Service for National Agricultural Research, Vol. 0, 1990.
- [3] Norton G., Davis J. Evaluating returns to agricultural research: A review[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1981, 63(2): 685) 699.
- [4] Evenson R E. The Contribution of Agricultural Research to Production[J]. Journal of Farm Economics, 1967, 49: 1415) 1425.
- [5] Evenson R E, Waggoner P E, Ruttan V W. Economic benefit from research: An example from agriculture[J]. Science, 1979, 205: 101) 107.
- [6] Chavas J P, Cox T L. A nonparametric analysis of agricultural technology[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1988, 70(2): 303) 310.

- [7] Afriat S N. Efficiency estimation of production function[J]. *International Economic Review*, 1972, 13(3): 568) 598.
- [8] Chavas J P, Cox T L. A nonparametric analysis of influence of research on agricultural productivity[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1992, 74(3): 583) 591.
- [9] Cox T L, Mullen J D, Hu, W. Nonparametric measures of the impact of public research expenditures on Australian broadacre agriculture[J]. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 1997, 41: 333) 360.
- [10] Varian H. The nonparametric approach to production analysis[J]. *Econometrica*, 1984, 52(3): 579) 597.
- [11] Pardey P, Craig G. Casual relationships between public sector agricultural research expenditures and output[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1989, 71(4): 9) 19.
- [12] 李锐, 等. 我国农业科研投资问题初探[J]. *农业技术经济*, 1997, (4): 20) 22.  
Li Rui, et al. Study on Chinese investment of agricultural research and development[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 1997, 4: 20) 22. (in Chinese)
- [13] 李容. 中国农业科研公共投资研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.  
Li Rong. Study on Chinese Public Investment of Agricultural Research[M]. Beijing: Chinese Book Concern of Agriculture, 2003. (in Chinese)
- [14] 黄季焜, 胡瑞法, 等. 中国农业科技投资经济[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.  
Huang Jikun, Hu Ruifā. Chinese Investment Economy of Agrotechnology[M]. Beijing: Chinese Book Concern of Agriculture, 2000. (in Chinese)

## Study on effects of agricultural R&D investments in China

LI Rui<sup>1,2</sup>, LI Zinai<sup>2</sup>

1. School of Economics & Management, Beijing University of Aeronautics & Astronautics, Beijing 100083, China

2. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China.

**Abstract:** The paper analyzes technical change in Chinese agriculture, focusing both on the effects of research and development (R&D) investments and on the induced innovation hypothesis. A mixed parametric-nonparametric approach is used. First, in a multi-output framework, technical change is analyzed in the form of net-output augmentation through a nonparametric general description of production set. Then a parametric dynamic relationship between net-output augmentation, R&D investments and changes in relative prices is specified. The empirical analyses show that the main impact of R&D investments in Chinese agriculture is on capital-using, multi-factors, cereal and animal products. An important role is played by market mechanism through induced innovation, especially on the output side.

**Key words:** agricultural R&D; effects of investment; mixed parametric-nonparametric approach