

农业生产:科技存量与空间溢出

——基于1986—2010年空间面板数据的分析

肖小勇 李秋萍

华中农业大学 武汉 430070

内容提要: 本文运用我国28个省份1986—2010年的面板数据对农业科技与农业生产的关系进行了空间计量分析。研究表明:(1)我国农业生产存在显著的空间效应;(2)农业科技对农业生产存在显著的正向促进作用,而且农业科技存在明显的空间溢出效应。基于研究结论,本文提出了整合各区域生产资源、加大农业科技投入等政策建议。

关键词: 农业科技;农业生产;空间效应

一、引言

农业科技能够优化和改善传统农业生产要素的配置结构,突破资源和环境的限制,是加快现代农业建设的决定力量。国内外大量文献对农业科研与农业生产的关系进行了研究,这些研究主要集中在如下方面:

第一,农业科技投入总量和结构的研究。Alston等(1998)、王平等(2002)、刘晓昀(2001)等从世界范围内对农业科技投入的总量和结构进行了分析。在国内农业科技投入数量和投入主体方面,黄季焜等(2002)做了系统的研究,认为中国农业科技投入增长缓慢并开始出现下降现象,并提出政府应当是农业科研投入的主体。在国内农业科技推广投入方面,陈世军(1998)、高启杰(2002)等对农业科技推广投入的总额、增长率以及占农业生产总值的比重等指标进行了计算。

第二,农业科技投入对农业生产贡献的研究。Akino和Hayami(1975)、Maxwell(1998)、ThirtleLin(2003)、Alston和Andersen(2011)等分别对日本、印度、非洲和拉丁美洲、美国等地的农业科研投资回报率进行了估计。大量文献探讨了国内农业科研投入对农业生产的贡献。Fan and Pardey(1997)发现由农业科研推动的技术进步能够解释我国农业经济增长的20%左右。Fan(2000)运用总生产函数研究得出中国的农业科研回报率在36%~90%间波动。赵芝俊和张社梅(2005)运用CD函数扩展式对我国1994—2003年农业科研投资宏观效应进行测算,发现农业科研投资对农业总产值的贡献为

收稿日期:2012-08-26

基金项目:国家社会科学基金重点项目(编号:08AJY020);国家大宗蔬菜现代产业技术体系产业经济研究专项(编号:nyeytx-35)。

作者简介:肖小勇,华中农业大学经济管理学院博士;李秋萍,华中农业大学经济管理学院博士。

0.06。李强和刘冬梅(2011)利用1995—2007年全国各省数据在计算农业科技存量的基础上测算了农业科技对农业增长的贡献水平,估计系数在0.05—0.07之间。上述关于农业科技投入与农业生产关系的研究为本文提供了借鉴,但上述文献存在以下两点不足:

第一,农业科技对农业生产发挥作用存在滞后期,而且农业科技存在知识折旧问题。上述文献只是从本期或者滞后一期来计算农业科技投入,忽略了科研知识的积累过程和折旧过程。因而我们应该用农业科技存量来衡量农业科技水平。目前国内已有文献对工业科技存量和高技术产业的科技存量进行研究,鲜有文献对农业科技存量进行研究。

第二,新经济地理学的成熟使人们逐渐认识到农业生产可能存在空间依赖性和空间异质性,这与传统计量方法样本独立同分布的基本假定发生冲突,上述文献在衡量农业科技投入对农业生产贡献时均使用传统计量方法,这难免带来估计偏误。

针对上述问题,本文运用我国28个省份1986—2010年的面板数据对农业科技与农业生产的关系进行了空间计量分析。本文首先测算了我国1986—2010年农业科技存量。其次在扩展的柯布—道格拉斯函数基础上构造空间滞后面板模型和空间误差面板模型。然后描述了农业生产的空间相关性并运用空间计量方法实证分析了农业科技对农业生产的贡献。最后得出本文的研究结论并提出政策建议。

二、农业科技存量的测算

农业科技投入作用的发挥具有滞后性,而且农业科技存在知识折旧问题,因而农业科技水平不能以流量来衡量,而要以存量来衡量。同物质资本存量的测量类似,科技存量的衡量也采用永续盘存法(Perpetual Inventory Method, PIM)。我们认为 t 期农业科技存量依赖于 $t-1$ 期存量和各期农业科技投入贴现,用公式表示:

$$R_t = \sum_{i=1}^n u_i E_{t-i} + (1 - \delta) R_{t-1} \quad (1)$$

其中 R_t 为第 t 期农业科技存量, δ 为农业科技存量的折旧率, E 为农业科技支出, u 为农业科技支出滞后贴现系数。由于难以得到农业科技支出的滞后结构,类似文献对滞后结构有两个假定。设平均滞后期为 θ 。假定1: $t-\theta$ 期的农业科技支出直接构成了第 t 期的农业科技存量,也就是说,若 $i=\theta$,则 $u_i=1$;若 $i \neq \theta$,则 $u_i=0$,从而使得 $\sum_{i=1}^n u_i E_{t-i} = E_{t-\theta}$ 。假定2:平均滞后期为 $\theta=1$ 。这样(1)式就可以转化为:

$$R_t = E_{t-1} + (1 - \delta) R_{t-1} \quad (2)$$

利用这个公式测量农业科技存量需要解决三个问题:(1)确定每期农业科技支出数额 E 并构建价格平减指数把农业科技支出的名义值缩减为实际值。每期农业科技支出为当期农业科技经费与农业科技推广经费之和。农业科技经费来源于农业部科教司主编的1987—2011年《全国农业科技统计资料汇编》,统计范围为全国地(市)以上的农业研发机构。各省各年农业科技推广费用数据难以获得,但从整体来看,我国农业科技经费和农业科技推广费用均占农业总产值的0.2%左右,张玉梅等(2008)假定农业科技推广费用与研发费用相等,我们借鉴其做法估算了农业研发和推广的总费用。由于我国目前没有现成农业科技价格指数,借鉴吴延兵(2006)、吴延兵(2008)等的做法,我们将农业科技价格指数表示为消费者价格指数和固定资产投资价格指数的加权和,而且将消费者价格指数和固定资产投资价格指数的权重都设为0.5。(2)确定农业科技存量的折旧率 δ 。国内外大量研究文献将R&D存量的折旧率设定为15%,比如Coe and Helpman(1995)、吴延兵(2006)等。本文在已有研究文献基础上,同样将农业科技存量的折旧率 δ 设定为15%。(3)确定基期农业科技存量 R_0 。假定农业科技存量的平均增长率等于农业科技投入的平均增长率,公式表示为: $(R_t - R_{t-1})/R_{t-1} = (E_t -$

$E_{t-1} / E_{t-1} = g$ 那么, $R_1 = (1 + g) R_0$ 其中 g 为农业科技存量和农业科技投入的平均增长率。由(2)式知, $R_1 = E_0 + (1 - \delta) R_0$ 。合并上述两式,即可得到:

$$R_0 = \frac{E_0}{(g + s)} \quad (3)$$

其中 R 、 E 、 g 的定义与上文相同。吴延兵(2006)、吴延兵(2008)等认为使用算术平均增长率可以消除宏观经济或政策对 R&D 投入的影响,笔者把 1986—2010 年农业科技支出的算术平均增长率作为 g 的估计值。至此,笔者计算出我国 1986—2010 年农业科技存量。

三、模型构建

生产函数形式多种多样,但柯布—道格拉斯生产函数具有直观简单的特性,因而是实证研究中应用最为普遍的生产函数形式之一。已往有关农业生产函数的研究较多采用了柯布—道格拉斯生产函数的推广形式,比如辛翔飞和刘晓昀(2007)、吴玉鸣(2010)等学者构建了包含资本、劳动和土地三种农业生产投入要素的扩展的柯布—道格拉斯函数,这在一定程度上反映了农业生产的特性。但是,农业生产投入要素包括农业机械、农业灌溉和化肥等,将这些要素笼统的汇总到资本一项中将会抹平农业的产业特征。为了更好的反映农业的产业特征,本文将农业生产投入分为农业劳动力投入、农业机械投入、农业灌溉投入、化肥投入和土地投入,并将农业科研存量包括在内,从而构建如下生产函数模型:

$$P_{it} = AL_{it}^{\beta_1} M_{it}^{\beta_2} I_{it}^{\beta_3} F_{it}^{\beta_4} S_{it}^{\beta_5} R_{it}^{\gamma} e^{\varepsilon_{it}} \quad (4)$$

P 、 L 、 M 、 I 、 F 、 S 、 R 分别代表农业产出、劳动力投入、农业机械投入、农业灌溉投入、化肥投入、土地投入和农业科研存量。 A 为常数项。 β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 、 γ 分别为上述六种投入的产出弹性。 i 和 t 分别代表省份和时间。六个要素投入间存在着随时间变化而同向的变化,因而存在着严重的多重共线性问题,因此我们将各种投入用人均形式表示,即在(4)式两边同时除以劳动力人数,并且假设 $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \gamma = \alpha$,然后将调整后的生产函数取对数,得到如下模型:

$$\ln(P_{it}) - \ln(L_{it}) = \ln A + (\alpha - 1) \ln(L_{it}) + \beta_2(\ln M_{it} - \ln L_{it}) + \beta_3(\ln I_{it} - \ln L_{it}) + \beta_4(\ln F_{it} - \ln L_{it}) + \beta_5(\ln S_{it} - \ln L_{it}) + \gamma(\ln R_{it} - \ln L_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

上述 α 值具有特殊意义。在(5)式回归结果中,若接受 $\alpha - 1 = 0$,则代表农业生产函数是规模报酬不变。若 $\alpha - 1$ 显著大于零,则意味着农业生产函数是规模报酬递增。若 $\alpha - 1$ 显著小于零,则意味着农业生产函数是规模报酬递减。

随着新经济地理学的成熟,人们逐渐认识到空间异质性和空间相关性将对农业生产产生影响,因而普通的面板数据计量方法难以反映经济本质。而且,由于农业技术具有公共品属性,其他省份的农业技术溢出将会影响本省的农业生产。因此,对于农业科技与农业生产的研究,本文将考虑空间相关性,设定空间计量经济模型。由于本文的样本属于特定个体(中国的 28 个省),不需要个体来推断整体,Baltagi(2005)认为这种情况下选择固定效应模型比较好。熊灵等(2012)在设定空间面板回归模型时采用了空间线性回归模型的通用形式,通过对通用模型参数的不同限制,可以得到特定的模型。综上,本文设定如下固定效应空间面板回归模型的通用形式:

$$\begin{aligned} \ln(P_{it}) - \ln(L_{it}) = & \eta_i + \delta_t + \rho \left(\sum_j W_{ij} \right) [\ln(P_{it}) - \ln(L_{it})] + (\alpha - 1) \ln(L_{it}) + \\ & \beta_2(\ln M_{it} - \ln L_{it}) + \beta_3(\ln I_{it} - \ln L_{it}) + \beta_4(\ln F_{it} - \ln L_{it}) + \\ & \beta_5(\ln S_{it} - \ln L_{it}) + \gamma(\ln R_{it} - \ln L_{it}) + \varepsilon_{it} \\ \varepsilon_{it} = & \lambda \left(\sum_j W_{ij} \times \varepsilon_{jt} \right) + \mu_{it} \end{aligned} \quad (6)$$

其中 η_i 和 δ_t 分别为空间固定效应和时间固定效应。 W_{ij} 为空间权重矩阵。 ρ 和 λ 分别为空间自回归系数和空间误差自相关系数。若 $\rho \neq 0$ 且 $\lambda = 0$, (6) 式为空间滞后面板模型;若 $\rho = 0$ 且 $\lambda \neq 0$, 则

(6) 式为空间误差面板模型。

四、实证分析

(一) 数据来源说明

1. 样本选取及变量说明。本文选取 1986—2010 年我国农林牧渔业总产值作为产出变量, 1986 年我国农业总产值为 3946.07 亿元, 2010 年增长至 17533.26 亿元(以 1986 年为基期), 年均增长率为 6.15%, 不存在统计意义上的结构突变。农业投入变量共 6 个, 见表 1。除农业科技存量, 其他变量数据均源自 1987—2011 年《中国统计年鉴》。农业科技支出数据来源于农业部科教司 1987—2011 年《全国农业科技统计资料汇编》, 其统计范围为全国地(市)以上的农业研发机构。由于私人农业科研投资难以获得, 本文的农业科研投资为公共农业科研投资。西藏和海南地区由于数据缺失并未统计在内, 而且将重庆的数据并入四川省。

表 1 变量描述性统计(1986—2010 年)

变量名	单位	观测数	均值	中间值	最大值	最小值
农林牧渔业总产值(Q)	亿元	700	361.64	284.18	1809.92	14.11
第一产业从业人员(L)	万人	700	1136.65	942.44	4354.70	4.89
农业机械总动力(M)	万千瓦	700	1627.94	1115.33	11628.97	9.40
有效灌溉面积(I)	千公顷	700	1861.51	1484.10	5080.96	173.57
化肥施用量(F)	万吨	700	143.17	110.54	655.15	6.09
农作物总播种面积(S)	千公顷	700	5916.76	5251.96	18713.00	295.01
农业科技存量(R)	亿元	700	6.76	4.35	91.00	0.29

2. 空间权重矩阵选取。空间计量经济学引入了空间权重矩阵来定义空间对象的相互邻接关系。空间权重矩阵是空间计量的关键之一, 能够反映地区间的空间效应。本文采用 r 相邻原则, 即如果区域 i 和区域 j 有共同的边, 则称区域 i 和区域 j 之间 r 相邻, 记为 $W_{ij} = 1$, 否则记 $W_{ij} = 0$ 。按照 r 相邻规则, 对角线上的元素为 0, 而且空间权重矩阵具有对称性。

(二) 农业生产空间相关性描述及模型检验

1. 农业生产空间相关性描述

首先分析农业生产全域空间相关性。本文运用我国 1986—2010 年农业总产值数据计算全域 Moran 指数, 见图 1。由图可知, 我国 1986—2010 年农业生产总产值的全域 Moran 指数均为正数且呈增大趋势, 这说明我国农业生产存在正向的空间依赖性, 而且依赖性逐渐增强。大致把全域 Moran 指数的变化分为三个阶段: 第一阶段(1986—1992 年) 全域 Moran 指数呈现小幅下降, 但此阶段时间短, 幅度小, 影响不大; 第二阶段(1992—2002 年) 全域 Moran 指数由 0.02 上升到 0.19, 此阶段时间跨度大, 上升幅度大, 足以说明农业生产空间依赖性增强是长远趋势; 第三阶段(2002—2010) 全域 Moran 指数呈现波动, 虽有小幅下降, 但并没有改变整个时期空间依赖性增强的趋势。这可能是由于随着农村市场化进程加深, 农业生产要素和农产品的流动性加强, 从而区域之间的农业生产联系越来越紧密。

其次分析各省农业生产局域空间依赖状况。本文以 2010 年为例计算了农业生产总值的局域 Moran 散点图, 见图 2。

图 2 共有四个象限, 每个象限代表一种集聚类型。位于第一象限的省份有河北、辽宁、黑龙江、浙江、安徽、福建、山东、河南、湖北、湖南等省份, 这类省份农业产值高, 而且周边省份的农业产值同样比较高, 这种集聚类型为高一高集聚; 与之相对应的位于第三象限的省份, 有内蒙古、云南、西藏、甘肃、

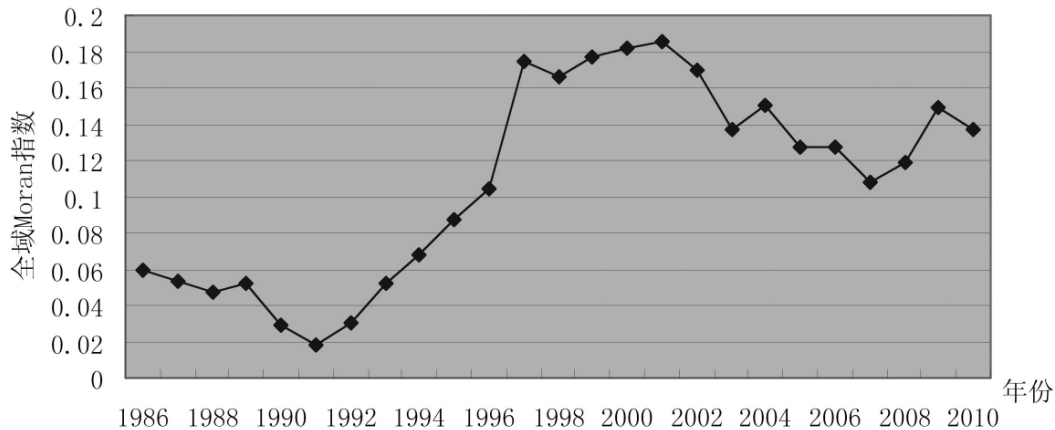


图1 我国1986—2010年农业生产总值全域Moran指数

青海等省,这类省份农业产出低,且周边省份的农业产值同样比较低(低—低集聚类型)。第一象限和第三象限的集聚类型有一个共同的特点,即局域Moran指数均为正数,呈现出正向的空间依赖性。位于第二象限的省份有北京、天津、山西、吉林、上海、江西、重庆、贵州、陕西等省份,这类省份农业产值低,但是周边省份农业产值高,属于低—高集聚类型;与之相对应的是第四象限的省份,有四川等省份,这类省份农业产值高,但是周边省份农业产值低,属于高—低集聚类型。第二象限和第四象限的集聚类型有一个共同的特点,即局域Moran指数均为负数,呈现出空间负相关性。由此可见我国的农业生产在局部地区存在显著的集聚现象,形成所谓的“中心—外围”模式。

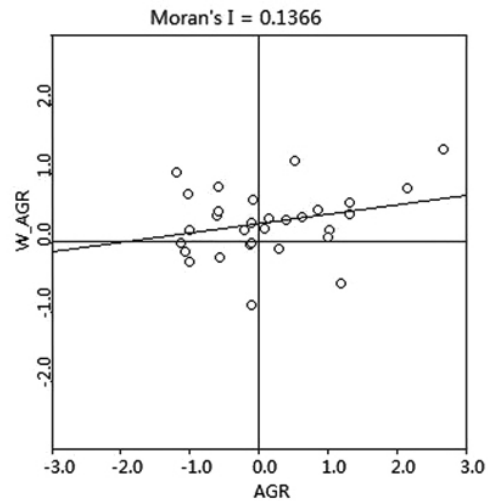


图2 局域Moran散点图(2010年)

2. 空间面板模型检验

空间相关性检验结果见表2。不管是规模报酬不变模型还是规模报酬可变模型,Lmlag和Lmerror均在10%显著性水平上拒绝原假设,认为农业生产在空间上存在显著的相关性。在规模报酬不变模型中,Robust Lmlag显著而Robust Lmerror不显著,因而分析时选择空间面板滞后模型的估计结果;在规模报酬可变模型中,Robust Lmlag和Robust Lmerror都不显著,但由于Lmerror、Robust Lmerror检验值分别大于Lmlag、Robust Lmerror检验值,因而选择空间面板误差模型的估计结果进行分析。

表2 空间相关性检验值

检验方法	样本量	规模报酬不变	规模报酬可变
		检验值	检验值
Lmlag	700	25.74***	3.12*
Lmerror	700	15.51***	4.45**
Robust Lmlag	700	10.28***	0.01
Robust Lmerror	700	0.05	1.32

资料来源:根据Matlab7.6计算而来。

(三) 估计结果分析

本文分别在规模报酬不变和规模报酬可变的情况下考察普通面板、空间滞后面板模型 (SLPM) 和空间误差面板模型 (SEPM), 估计结果见表 3。

表 3 固定效应空间面板数据估计结果

因变量	规模报酬不变			规模报酬可变		
	普通面板	SLPM	SEPM	普通面板	SLPM	SEPM
$\ln(L_{it})$				-0.5076*** (-7.3694)	0.1177** (-22.4972)	0.1352*** (-23.2786)
$\ln(M_{it}/L_{it})$	0.1481*** (12.2083)	0.0493 (1.4816)	0.0049 (0.1453)	0.1447*** (12.3836)	0.0565** (2.2215)	0.0570** (2.2423)
$\ln(I_{it}/L_{it})$	0.0890 (1.2194)	0.0374 (0.6602)	0.1656*** (0.0053)	0.0686 (-0.9338)	0.1865** (-4.2173)	0.2034*** (-4.6179)
$\ln(F_{it}/L_{it})$	0.2962*** (5.2348)	0.0430 (0.3721)	0.1456*** (-3.0546)	0.3728*** (6.7256)	0.0516 (-1.4159)	0.0541 (-1.4925)
$\ln(S_{it}/L_{it})$	0.1505** (2.3763)	0.7811*** (10.1776)	0.8364*** (10.8600)	0.1230* (-1.7247)	0.1946*** (3.0416)	0.1961*** (3.0615)
$\ln(R_{it}/L_{it})$	0.2978*** (13.1878)	0.1364*** (6.6388)	0.0931*** (4.2239)	0.2236*** (9.3376)	0.1165*** (-5.9814)	0.1146*** (-5.8750)
$W \times dep. var$		0.1429*** (4.8194)			0.0419* (1.7425)	
$spat. aut$			0.3219*** (0.0000)			0.0069* (1.8941)
常数	7.6762*** (39.4671)			11.0656*** (22.2853)		
R^2	0.9389	0.9693	0.9672	0.9435	0.9821	0.9823
调整后 R^2	0.9359	0.7007	0.6879	0.9407	0.8298	0.8391
Log-likelihood	179.0823	417.6594	417.6415	206.5188	608.5689	609.2780

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的显著性水平下显著。Z 值在括号内。普通面板模型采用软件 Eviews6.0 估计, 空间面板模型采用 Matlab7.6 中 spatial econometric 工具包运算。

由表 3 可知, 无论是规模报酬不变还是规模报酬可变, 各个模型系数方向和大小相差不大, 这说明模型估计比较稳定。对比规模报酬不变和规模报酬可变, 本文发现规模报酬可变模型的 R^2 、调整后 R^2 和 Log-likelihood 三者均大于规模报酬不变模型, 这说明规模报酬可变模型更加适合农业生产函数。而且, 在规模报酬可变情况下, 空间滞后面板数据模型和空间误差面板数据模型的 $\alpha - 1$ 在 1% 的显著性水平下大于 0, 这意味着农业生产函数是规模报酬递增的。对比普通面板数据模型和空间面板数据模型, 发现空间面板数据模型的 R^2 、调整后 R^2 和 Log-likelihood 三者均比普通面板数据模型大, 这说明空间面板数据模型的解释力更强。具体作如下分析:

首先, 农业生产存在正向的空间效应。在规模报酬不变模型中, 空间滞后项和空间自相关系数分别为 0.14 和 0.32, 且在 1% 的显著性水平下显著。在规模报酬可变模型中, 空间滞后项和空间自相关系数分别为 0.04 和 0.01, 且在 10% 的显著性水平下显著。这充分反映出农业生产存在显著的空间相关性, 这种空间相关性使农业生产存在正向的外部溢出, 从而对相邻区域的农业生产起到促进作用。吴玉鸣(2010) 运用空间计量学模型研究认为我国省域农业产出存在明显的空间依赖性, 因而在研究区域农业时不能忽视空间效应, 在进行政策分析时需要考虑邻近区域之间的生产互动。

其次,农业科研对农业生产具有显著的正向促进作用。在规模报酬可变情形下,空间面板数据模型中农业科研的系数约为 0.11,且在 1% 的显著性水平下显著,这说明农业科研能够促进农业生产的发展。本文对农业科研存量弹性的测算与已有研究相差不大。比如赵芝俊和张社梅(2005)对 1994—2003 年农业科研宏观经济效益进行了研究,估计发现农业科研投资的系数为 0.06。李强和刘冬梅(2011)通过对 1995—2007 年农业科研的产出弹性进行估计发现,科研存量变量的弹性估计值在 0.05—0.07 之间变动。尽管数据和方法上的差异导致估计系数有所变化,但总体上看本文对农业科研存量系数的估计较为客观。

再次,农业科研投资存在明显的空间溢出效应。我们注意到,空间面板模型中农业科研系数小于普通面板,比如在规模报酬可变情形中,农业科研系数在普通面板模型中为 0.22,而在空间面板模型中约为 0.11,这主要是因为普通面板没有考虑农业科研的空间效应,而把其他省份的科研溢出当做本省的科研存量,从而产生向上的估计偏误,这反过来证明了农业科研存在空间溢出效应。已有较多文献表明农业技术存在溢出效应。比如,Alston(2002)在综述有关溢出方面文献时得出一个结论:州际或者国际研发溢出能够解释生产率增长的一半及以上。Alston 和 Andersen(2011)基于农业技术相似性构造农业技术溢出变量,从而区分出本州农业科研投资和其他州农业科技溢出对本州农业生产的影响。

五、研究结论及政策建议

本文运用我国 28 个省份 1986—2010 年的面板数据,对农业科技与农业生产的关系进行了空间计量分析。得到如下研究结论:

(1) 我国农业生产存在显著的空间效应。全域 Moran 指数在样本期间为正,这说明我国农业生产存在显著的空间相关性。局域 Moran 指数显示我国各省的农业生产存在明显的集聚现象,从而形成“中心—外围”模式。通过空间面板计量模型发现,空间滞后项和空间自相关系数均为正数,这进一步证实我国农业生产存在正向的外部溢出,从而对相邻区域的农业生产起到促进作用。

(2) 农业科技对农业生产存在显著的正向促进作用。规模报酬递增假定下的空间误差面板模型表明,农业科技存量对农业生产的贡献率为 11.46%,且在 1% 的显著性水平下显著,这说明农业科研能够显著促进农业生产的发展。

(3) 农业科研投资存在明显的空间溢出效应。通过比较空间面板模型与普通面板模型中农业科研系数,我们发现空间面板模型中农业科研系数小于普通面板,这主要是因为普通面板没有考虑农业科研的空间效应,而把其他省份的科研溢出当做本省的科研存量,从而产生向上的估计偏误,这反过来证明了农业科研存在空间溢出效应。

基于研究结论,本文提出如下政策建议:

(1) 引导各区域整合农业生产资源,促进地区之间农业生产资源空间互补,提升我国农业综合生产能力。随着农村市场化进程加深,农业生产要素和农产品的流动性越来越强,各地区之间农业生产联系越来越紧密,因而在制定农业政策时,应重视区域之间的空间效应,引导资源合理配置。

(2) 加大农业科研投入,提高农业的科技含量。发挥政府在农业科技投入中的主导作用,保证政府财政对农业科技的投入;创造良好的农业科研投资环境,引导社会资金进入农业科研领域,比如加强农业科技知识产权保护,吸引社会资金在商业化前景好、盈利能力强的领域投资研发等。

(3) 通过典型示范、技术培训等各种形式学习和推广其他省份的先进生产技术和科学管理经验,把其他省份的农业技术溢出转化为本省的农业生产力。

主要参考文献:

[1] Akino M, Hayami Y. 1975. Efficiency and equity in public research: rice breeding in Japan's economic development

- [J]. *American Journal of Agricultural Economics* 57(1) : 1-10.
- [2] Alston JM ,Andersen MA ,James JS et al. 2011. The Economic Returns to US Public Agricultural Research[J]. *American Journal of Agricultural Economics* 93(5) : 1257-1277.
- [3] Alston JM ,Pardey PG ,Roseboom J. 1998. Financing agricultural research: international investment patterns and policy perspectives [J]. *World Development* ,26(6) : 1057-1071.
- [4] Alston JM. 2002. Spillovers [J]. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* ,46(3) : 315-346.
- [5] Baltagi BH. 2005. *Econometric analysis of panel data* [M]. Wiley.
- [6] Coe DT ,Helpman E. 1995. International r&d spillovers [J]. *European Economic Review* ,39(5) : 859-887.
- [7] Fan S ,Pardey PG. 1997. Research ,productivity ,and output growth in Chinese agriculture [J]. *Journal of Development Economics* ,53(1) : 115-137.
- [8] Fan S. 2000. Research investment and the economic returns to Chinese agricultural research [J]. *Journal of Productivity Analysis* ,14(2) : 163-182.
- [9] Maxwell DG ,Smith LC ,Evenson RE et al. 1998. *Agricultural research and productivity growth in India* [M] . International Food Policy Research Institute.
- [10] ThirtleLin C. 2003. The impact of research-led agricultural productivity growth on poverty reduction in Africa ,Asia and Latin America [J]. *World Development* ,31(12) : 1959-1975.
- [11] 陈世军. 1998. 我国农技推广投资总量和结构的研究 [J]. *农业科技管理* (2) : 9-12.
- [12] 高启杰. 2002. 我国农业推广投资现状与制度改革的研究 [J]. *农业经济问题* (8) : 27-33.
- [13] 黄季焜. 2000. 中国农业科技投资经济 [M]. 中国农业出版社.
- [14] 黄季焜 胡瑞法. 2000. 政府是农业科技投资的主体 [J]. *中国科技论坛* (4) : 59-62.
- [15] 李强 刘冬梅. 2011. 我国农业科研投入对农业增长的贡献研究——基于 1995—2007 年省级面板数据的实证分析 [J]. *中国软科学* (7) : 42-49.
- [16] 刘晓昀 辛贤. 2001. 国外私人农业 R&D 投资及对我国农业科研机构转制的政策启示 [J]. *中国农村经济* (7) : 72-78.
- [17] 王平 杨巍. 2002. 发展中国家农业科研投资现状 [J]. *中国农业科技导报* (5) .
- [18] 吴延兵. 2006. R&D 存量、知识函数与生产效率 [J]. *经济学(季刊)* (3) : 1130-1156.
- [19] 吴延兵. 2008. 中国工业 R&D 产出弹性测算(1993—2002) [J]. *经济学(季刊)* (3) : 869-890.
- [20] 吴玉鸣. 2010. 中国区域农业生产要素的投入产出弹性测算——基于空间计量经济模型的实证 [J]. *中国农村经济* (6) : 25-37+48.
- [21] 辛翔飞 刘晓昀. 要素禀赋及农业劳动生产率的地区差异 [J]. *世界经济文汇* 2007 (5) : 1-18.
- [22] 熊灵 魏伟 杨勇. 贸易开放对中国区域增长的空间效应研究: 1987—2009 [J]. *经济学(季刊)* 2012 (3) : 1037-1058.
- [23] 张玉梅 刘凤伟 刘丽娜. 2008. 中国农业科研投资区域优化配置研究 [J]. *农业经济问题* (S1) : 42-50.
- [24] 赵芝俊 张社梅. 2005. 我国农业科研投资宏观经济效益分析 [J]. *农业技术经济* (06) : 41-47.

Agricultural Production: Accumulation of Science and Technology and the Spatial Spillover A Research Based on the Spatial Panel Data between 1986-2010

Xiao Xiaoyong ,Liu Qiuping
HuaZhong Agriculture University ,Wuhan #30070

Abstract: This paper empirically studies the relationship of stock of agricultural research and agriculture using spatial panel data of 28 provinces of China among 1986-2010. We reach conclusions as follows: (1) there is significant spatial effects of agriculture. (2) there is significantly positive effects of agricultural research to agriculture ,and effects of spillover as well. Based on the conclusion ,we propose some advices ,such as integration of resources and increasing investment for agricultural research and so on.

Key words: agricultural research; agricultural production; spatial spillover

(责任编辑: 刘根荣)