

国立农业科研机构经费配置结构的创新影响研究

王 腾^{1,2}, 关忠诚^{1,2}, 冯晓赞³, 李 强¹, 董照辉^{4,5}

(1.中国科学院 科技战略咨询研究院, 北京 100190; 2.中国科学院大学 公共政策与管理学院, 北京 100049;

3.中国农业科学院 科技管理局, 北京 100081; 4.中国农业科学院 农业经济与发展研究所, 北京 100081; 5.中国农业科学院 战略研究中心, 北京 100081)

摘要:运用随机前沿分析方法,以2013—2020年中国农业领域国立科研机构的面板数据为样本,在控制区域差异与机构特征的前提下,首次同时分析稳定性和竞争性两种类型科研经费对科研机构基础研究与成果转化效率的非线性影响,并考虑了其对高质量基础研究的异质性影响。研究发现,样本期内稳定性科研经费的增加可以同时显著促进国立农业科研机构基础研究与成果转化效率的提升,但对高质量基础研究效率并无显著影响;竞争性科研经费与基础研究效率之间呈倒U型关系,与成果转化效率显著正相关,且与高质量基础研究效率之间也呈显著正相关关系。

关键词:稳定性经费;竞争性经费;科研机构;创新效率;随机前沿分析

中图分类号: G311 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2023)6—0026—10

一、引言

在国际环境日趋复杂严峻,气候变化等多重不利因素交织共振的时代背景下,要加快建设农业强国,保障国家粮食和重要农产品安全供给,关键要靠科技创新。党的十八大以来,国家高度重视科技自立自强在农业农村现代化中的关键作用,农业科技投入不断加大(龙文进和张玉梅,2022)。2023年中央一号文件还特别强调要“完善农业科技领域基础研究稳定支持机制”。然而,在研发投入快速增长的同时,创新效率低下仍然时有发生,难以满足国家对高水平科技自立自强的紧迫需求(韩凤芹,2021)。作为农业科研主力军,国立农业科研机构是国家战略科技力量的重要组成部分,在农业科技资源总量有限的情况下(李万君等,2022),其经费配置效益将显著影响我国农业科技发展态势。因此,在强化预算绩效管理的背景下,稳定性与竞争性经费作为两种典型的经费配置模式,对国立农业科研机构的创新效率究竟产生了怎样的影响?这是目前亟待研究的现实问题。这一问题的解决,将为政府构建更为合理的经费配置机制提供有力支撑。

科研经费是科研人员开展一切科研工作的基础,是影响创新活动的重要资源配置。不少学者已经关注到了不同类型科研经费对科研机构创新活动的影响。一方面,有研究以政府、企业等来源为切入点,定量分析不同经费来源对创新效率的影响。例如,白俊红(2013)、李柏洲和董恒敏(2017)、陈耀等(2020)从不同角度发现了政府支持力度,即科研经费中来自政府的资金占比,对科研机构的知识生产效率有负面影响。而李小红和陈姚祥(2013)则认为政府科研经费要求以科技论文为产出形式,因此对科研机构的论文产出效率有正面影响,来自企业的资金则会产生负面影响。

另一方面,还有研究探究了稳定支持经费(政府稳定拨款)与竞争性项目经费(来源于以合同形式签订的政府各类科技项目和企事业单位委托的合作项目)对科研活动的影响。其中,部分研究从定性角度展开分析(蔡爱惠,2012;张耀方和白杰,2015;张腾和沈建新,2011)。罗理(2020)还系统总结梳理了国外学者对科研经费中稳定性与竞争性资助方式的研究,认为两种方式各有优劣,要结合机构实际灵活选择。在实证研究方面,国内学者多以大学为研究对象,且仅关注于线性影响。例如,王春元和于井远(2021)实证发现竞争性经费有利于高校的论文发表,稳定性经费对科研产出的影响不显著;董玥妍等(2022)以企事业单位委托的资金来表征竞争性经费,认为其有利于高校科技论文与技术转让合同的产出。温珂等(2013)则基于中国科学院

收稿日期:2023-02-20

作者简介:王腾,中国科学院科技战略咨询研究院博士研究生,中国科学院大学公共政策与管理学院博士研究生,研究方向:科研管理与科技评价;关忠诚,硕士,中国科学院科技战略咨询研究院研究员,中国科学院大学公共政策与管理学院教授,研究方向:优选与管理科学、科技评价;冯晓赞,硕士,中国农业科学院科技管理局助理研究员,研究方向:农业科技管理;李强,博士,中国科学院科技战略咨询研究院副研究员,研究方向:科技评价与宏观科技管理;董照辉,博士,中国农业科学院战略研究中心副研究员,研究方向:农业科技管理。

的科技活动数据,发现竞争性经费由于“赢者通吃”的潜规则,对科研机构论文和专利的产出激励有限;稳定的政府预算拨款受到政策环境和组织行为的影响,仅对专利产出影响显著。国外学者则多从基金资助整体视角出发,探究竞争性项目与稳定性资助的异质影响(Gush et al, 2018; Wang et al, 2018)。

综上所述,围绕同一类问题,不同的研究对象与样本选择,得出的结论往往不尽相同。因此有必要针对国立农业科研机构,就其经费配置结构对创新活动的影响展开专门探讨。此外,现有研究主要考虑了稳定性与竞争性经费对科研产出的线性影响,鲜有涉及两者之间潜在的非线性关系,且并没有将“投入产出比”这一概念纳入进来,考虑经费结构对不同类型科研产出效率的影响。效率是经费管理的核心问题,关系到稀有资源的优化配置。稳定性和竞争性经费分别与科研机构创新效率之间到底是怎样的现实关系,还有待进一步研究。

既往研究对本文研究设计提供了丰富的理论与实证参考,在此基础上,本文将以中国农业科学院为具体研究对象,结合农业领域特点,深入分析稳定性与竞争性科研经费对国立科研机构基础研究与成果转化效率的非线性影响,并考虑了其对高质量基础研究产出效率的异质性影响。因此,本文的研究贡献可归纳为以下三个方面:①从经费使用效率角度,考虑了稳定性与竞争性经费对不同类型创新活动的非线性影响;②关注到了经费配置结构对基础研究与高质量基础研究的异质性影响,并分析了潜在成因;③聚焦于农业领域重要科研机构,探明了当前一个时期的农业科研经费对创新活动的影响情况,为政府进一步优化农业科研经费投入模式提供了实证参考。

二、理论分析与研究假设

科研活动从基础研究到成果转化涉及多个环节,科研机构由于所属领域的不同,就科学研究与实际应用的导向侧重略有差异,往往不会二者得兼。而农业领域国立科研机构由于其特殊性,坚持“顶天立地”的科技创新方向,既重视农业科技前沿的基础性科学研究工作,又重视成果转化服务乡村振兴的应用推广工作。研究两种类型科研经费对科研机构创新效率的影响,本质上是探究其与科研机构的基础研究与成果转化效率之间有何实质性关联,分析不同经费对“推进高水平科技自立自强、支撑乡村全面振兴”核心使命的影响。

(一)理论基础

1. 马斯洛需求层次理论

马斯洛需求层次理论作为心理学中的激励理论,强调人们的需求关注点会从低级到高级不断演进,可用于解释科研领域中不同的经费配置结构对科研人员创新行为的影响。具体来说,可以分为以下三个阶段:①当稳定性经费严重不足时,用于维持自身基本生存与研究工作可持续发展的生理与安全需求,会迫使科研人员将大量精力用于各类竞争性资金的争取;②随着稳定性经费比重的增加,科研人员开始关注自身的社交与尊重需求,寄希望于通过高水平的竞争性科研项目来支撑高质量的科研合作与学术共同体的认可;③稳定性经费增加到一定水平,与竞争性经费协调配置时,将构建安心科研且充满活力的科研氛围,科研人员将全心投入科研攻关,追求自我实现需求。

2. 边际报酬递减法则

边际报酬递减作为一种经济学现象,强调生产要素增加到一定程度之后,对总产出的贡献将呈现逐渐递减的规律,可用于解释过度倾斜的经费配置模式对创新活动的不利影响。具体来说,可以分为以下两个方面:①稳定性经费严重不足,即竞争性经费配置过高时,科研人员为了获得更多可用经费,为此付出的时间成本陡增,与收益不成正比;②稳定支持超过一定限度之后,由于竞争性激励不足等原因,经费使用绩效同样将大打折扣。

(二)研究假设

1. 稳定性科研经费与科研机构创新效率

稳定性科研经费作为政府部门以预算拨款形式持续下拨的经费,持续和稳定是其重要特点,对稳定科研队伍,营造静心科研的学术氛围意义重大(蔡爱惠, 2012)。其不以短期产出作为拨款依据,可鼓励科研人员静下心来开展长期性、高风险且高回报的前沿研究,往往与高水平的科技创新成果密切相关(Heinze et al, 2009)。当科研机构缺乏足够经费用以支持内部团队的科研活动时,满足自身的工资收入和办公条件等基本生存是其优先关注事项,处于马斯洛需求层次理论的低级需求阶段(张耀方和白杰, 2015)。此时,其主要精力都放在海投竞争性基金项目等潜在“赚钱”活动,以满足自身发展需要,由此挤占了科研时间,产生了不容忽视的机会成

本(张腾和沈建新,2011)。当来源于上级政府部门的稳定性科研经费从无到有时,随着相关经费的增加,生存的压力逐渐减小,更多的时间和精力可以用于科研主业,基础研究效率将稳步提升。然而,由于竞争性激励的缺失,相对稳定的科研经费也会助长科研惰性(张耀方和白杰,2015)。也就是说,当稳定性经费达到一定程度以后,继续增加投入,基础研究效率将会不断下降。科研经费资助的高稳定性往往与科研高度低效正相关,荷兰等以高比例稳定科研资助闻名的国家常被作为典型例子(Auranen and Nieminen,2010)。可见,两者之间整体上呈现倒U型曲线关系,即随着政府稳定性经费的增加,科研机构的基础研究效率先增后减。

稳定性科研经费的增加使得科研人员基本生存得到部分保障,以成果转化收入来维持基本发展需要的动力会有所降低,且对竞争性经费的获取具有“挤出”效应(张耀方和白杰,2015),影响成果转化效率的提升。然而由于奖励政策等各种规章制度的影响,科研机构仍有充足动力去进行成果转化,正负两种影响将相互抵消。此外,通过调研发现,我国现阶段国立科研机构往往与研究型大学同质化竞争科学基金项目等,竞争过度普遍存在(黄璐等,2022),稳定经费严重不足,对竞争性经费的“挤出”有限;且增加稳定支持可推动具备转化应用前景的科研项目持续深入,避免一次性资助结束后由于缺乏连续稳定的资金支持而搁置。因此,稳定性经费与经济效益的产出效率之间可能存在正相关关系。

基于以上分析,提出假设1和假设2:

稳定性科研经费与科研机构基础研究效率呈倒U型关系(H1);

稳定性科研经费正向影响科研机构成果转化效率(H2)。

2. 竞争性科研经费与科研机构创新效率

政府经费是国立科研机构最主要的经费来源,其主要是竞争性的国家重点研发计划、国家自然科学基金等科研项目经费。此外,企事业单位的合作项目也是竞争性科研经费的重要来源。这类项目经费大多周期较短,且对论文等成果产出有着严格的考核要求,在资源有限的情况下,显著提高了资金的使用效率。然而,由于边际收益递减,当竞争性经费增加到一定程度后,处理琐碎科研事务性工作的时间陡增,此时“马太效应”、多头申报与重复交账等现象凸显(张耀方和白杰,2015;张腾和沈建新,2011);过度竞争使得本就有限的科研时间被不断压缩,基础研究效率存在下降风险(Auranen and Nieminen,2010)。可见,两者之间也是可能存在倒U型关系,即竞争性科研经费投入存在一个最优水平,当超过这一临界值,基础研究效率将开始下降。

就成果转化而言,由于企业、地方政府乃至国家层面都高度关注农业创新成果应用落地,竞争性项目(特别是地方政府或企业的合作项目)经费的提高可以引导科研机构更好地结合乡村振兴现实需要,关注农业生产实际,使科学研究与特定社会目标紧密结合(Jacob,2013)。不断激励产出大量有实际应用潜力的科研成果,并应用于农业实践,取得良好经济与社会效益,成果转化效率将显著提升。与论文等基础研究产出不同,成果转化应用会带来持续的收入激励,也会正向促进转化效率的提升。因此,竞争性经费与成果转化效率之间理论上呈正相关关系。

基于以上分析,提出假设3和假设4:

竞争性科研经费与科研机构基础研究效率呈倒U型关系(H3);

竞争性科研经费正向影响科研机构成果转化效率(H4)。

三、研究方法

对效率的测度与影响因素的分析,目前有两种常用方法。一种是基于非参数的数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)来测度效率,而后通过Tobit回归进行影响因素分析(李芸等,2020);另一种是考虑参数形式的随机前沿分析(stochastic frontier approach, SFA)(胡欣悦等,2020)。两种方法各有利弊,前者可以同时处理多投入多产出的效率问题,且采用线性规划技术,不需要假设具体的函数形式,避免了函数误设造成的偏差;但并不考虑随机误差的存在,且不能直接影响因素进行分析,在效率测度与影响因素分析时的假设不一致,可能导致结果偏差,存在一定不足。后者主要优点是考虑了由于测量误差等原因造成的随机误差;该方法具有统计特征,参数与模型本身可以进行有效性检验;且在测度效率的同时,还可直接分析经费结构对不同类型科研产出效率的影响。在进行影响因素分析时,Wang和Schmidt(2002)利用蒙特卡罗模拟方法证实了SFA的一步估计优于DEA-Tobit的两步估计。结合本文的研究主题,最终选择SFA作为研究方法。其基本形式如下:

$$Y_{it} = f(X_{it}, \beta) \exp(\varepsilon_{it}) \quad (1)$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it} \quad (2)$$

将式(1)取对数,可得对数形式的随机前沿模型:

$$\ln Y_{it} = \ln f(X_{it}, \beta) + v_{it} - u_{it} \quad (3)$$

其中: Y_{it} 为决策单元*i*在*t*时期的实际观测产出; X_{it} 为决策单元*i*在*t*时期的投入向量; β 为估计参数向量; ε_{it} 为复合误差项; v_{it} 为随机误差项,服从 $N(0, \sigma_v^2)$,代表由于统计误差或其他无法控制因素的影响; u_{it} 为技术非效率项,根据 Battese 和 Coelli(1992)的设定, u_{it} 服从 $N(\mu, \sigma_u^2)$ 的非负截断正态分布,且假设:

$$u_{it} = u_i \eta_{it} = u_i \exp[-\eta(t - T)] \quad (4)$$

其中: η 为时间因素对技术非效率项的影响参数; T 为特定时间点的预设常数。 $\eta=0$, $\eta>0$ 和 $\eta<0$ 分别表示技术效率随时间变化不变,递增和递减。

技术效率 TE 为实际观测到的产出期望与理想状态下(前沿面上)产出期望的比值,即

$$TE_{it} = \frac{E[f(X_{it})\exp(v_{it} - u_{it})]}{E[f(X_{it})\exp(v_{it})|u_{it} = 0]} = \exp(-u_{it}) \quad (5)$$

由式(5)可知,当 $u_{it}=0$ 时,说明不存在技术无效率,此时科研活动的技术效率为 1;当 $u_{it}>0$ 时,存在技术无效率,决策单元位于前沿面下方,技术无效。

采用 Battese 和 Coelli(1995)设定的方差参数 γ 来检验 SFA 模型的适用性,即 $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$,表示复合误差项中技术非效率的比例,取值介于 0~1。 γ 越接近 1,说明实际产出与生产前沿之间的误差主要来自于技术非效率,此时使用 SFA 模型效果较好。

为进一步了解技术效率差异的影响因素, Battese 和 Coelli(1995)引入技术非效率函数,如式(6)所示。

$$u_{it} = \delta_0 + \delta_i z_{it} + \omega_{it} \quad (6)$$

其中: z_{it} 为影响技术效率的因素; δ_i 为影响因素的系数向量; δ_0 为常数项; ω_{it} 为随机误差项。若系数为正,说明影响因素对技术非效率有正向影响,即对技术效率有负向影响。

就随机前沿生产函数的选择,较为常见的是柯布-道格拉斯生产函数和超越对数生产函数,要通过广义似然率 λ 进行假设检验来确定。具体而言, $\lambda = -2\ln[L(H_0)/L(H_1)]$, $L(H_0)$ 与 $L(H_1)$ 分别表示原假设与备择假设的对数似然函数值。若 λ 大于相应混合卡方分布临界值,则通过广义似然率检验,此时选择超越对数生产函数形式,如式(7)所示;否则选用柯布道格拉斯生产函数。

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln L_{it} + \beta_2 \ln K_{it} + \frac{1}{2} \beta_3 \ln L_{it} \ln K_{it} + \frac{1}{2} \beta_4 (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_5 (\ln K_{it})^2 + v_{it} - u_{it} \quad (7)$$

其中: L_{it} 为决策单元*i*在*t*时期的劳动投入; K_{it} 为决策单元*i*在*t*时期的资本投入; β_0 为常数项; β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 为各变量的系数。

四、变量选取与数据说明

(一)投入变量

就科研活动的投入而言,既往研究通常以“科研人员”与“科研经费”这两大类指标来表征。根据数据的可得性与数据来源差异,在具体指标上会存在细微不同。对于科研人员投入(L),本文以参与科技活动(具有专业技术职务)的人员数量来度量。对于科研经费投入(K),通常来说,R&D经费支出等经费统计指标,均是流量的概念,仅能反映年度内的科研经费投入情况。然而,经费投入还会产生很强的滞后效应,不仅会对当期科研活动产生影响,还会影响此后一定时期的科研产出。因此,借鉴既往研究(陈耀等,2020;寇明婷等,2021),采用永续盘存法,将科研经费投入由流量形式转换为存量形式更符合实际情况。科研经费资本存量的基本计算如式(8)和式(9)所示。

$$K_{it} = (1 - \delta)K_{i(t-1)} + E_{it} \quad (8)$$

$$K_{i2013} = \frac{E_{i2013}}{g + \delta} \quad (9)$$

其中: K_{it} 为决策单元*i*在时期*t*的科研经费资本存量; δ 为科研经费资本存量折旧率,取 $\delta=15\%$ (陈耀等,2020;寇明婷等,2021); E_{it} 为决策单元*i*在时期*t*的实际科研经费投入。借鉴既往研究(陈耀等,2020;寇明婷等,2021),R&D价格指数=55%×消费价格指数+45%×固定资产投资价格指数,以2013年为基期,对名义科研经费资本存量进行平减,以消除价格因素的影响; g 为样本期内实际科研经费投入的平均增长率。

(二)产出变量

对于科研产出,本文借鉴已有研究,结合农业领域科研机构特点,围绕中国农业科学院“推进高水平科技自立自强、支撑乡村全面振兴”两项核心使命的要求,同时考虑数据可得性,分别以科技论文数量和成果经济效益作为基础研究产出(Y_1)与成果转化产出(Y_2)相对应的产出代理变量。其中,论文数量来源于《中国农业科学院年鉴》,包括英文期刊与中国核心期刊论文。成果经济效益来源于中国农业科学院科技创新工程定量评价数据,包括科技产业开发收入^①与技术转让收入^②。

(三)影响因素与控制变量

本文主要分析稳定性科研经费(*Block*)与竞争性科研经费(*Comp*)对科研机构不同类型产出效率的影响。其中,考虑数据可得性,稳定性科研经费以科技创新工程经费与基本科研业务费之和来表征,长期稳定支持是其基本特征。竞争性科研经费包括当年实际投入的来源于国家各类科技计划^③的经费,国家各部委的科技计划与财政专项资金,以及地方政府或企业项目经费等。

科研机构所处环境及其自身特征也会影响科研活动的产出效率,在进行主影响因素分析时,需要对相关变量进行控制。借鉴已有研究(陈耀等,2020;温珂等,2013;尼鲁帕尔·迪力夏提和郭静利,2021),并结合中国农业科学院实际特点,地区差异因素包括科研机构所在地区的经济发展水平(*Pgdp*)与农业发展水平(*Agri*),分别用所在地区的人均地区生产总值和农业总产值来表征;机构特征因素包括研究方向(*Dir*),人力资源素质(*Human*)与获奖情况(*Award*)。其中,研究方向的划分依据中国农业科学院对研究所定性考评分组。以上与价格有关的各变量均剔除价格因素影响,以实际的绝对数来表示。各变量相关符号与定义见表1。变量的描述性统计见表2,考虑到成果产出的滞后效应,投入与控制变量的时间跨度为2013—2018年,产出变量的时间跨度为2014—2020年。

本文以中国农业科学院下属34个研究所中的32个作为研究对象,构建面板数据。由于基因组所与都市所成立较晚,部分数据存在缺失,在分析中暂时不予考虑。选取数据主要来源于2013—2018年各年度的《中国农业科学院年鉴》,以及2013—2020年各年度中国农业科学院科技创新工程定量评价数据等内部统计资料。地区差异、价格指数等数据来自2013—2019年各年度的《中国统计年鉴》。

表1 变量的符号与定义

变量		符号	定义
投入产出变量	基础研究产出	Y_1	发表科技论文数量(篇)
	成果转化产出	Y_2	成果经济效益(万元)
	科研人员投入	L	科技活动人员数,拥有专业技术职务的全部人员(人)
	科研经费投入	K	科研经费资本存量,不含修购专项、各级各类平台的建设和运行费、国际合作经费等(万元)
效率影响因素	稳定性科研经费	<i>Block</i>	$\ln$ (科技创新工程经费与基本科研业务费之和)(万元)
	竞争性科研经费	<i>Comp</i>	$\ln$ (国家科技计划与其他科研项目经费之和)(万元)
控制变量	经济发展水平	<i>Pgdp</i>	$\ln$ (科研机构所在地区人均GDP)(万元)
	农业发展水平	<i>Agri</i>	$\ln$ (科研机构所在地区农业生产总值)(亿元)
	研究方向	<i>Dir</i>	以两个虚拟变量 Dir_1 和 Dir_2 来表征,机构为作物园艺类,则 $Dir_1=1$;机构为畜牧兽医类,则 $Dir_2=1$;其他情况下, Dir_1 和 Dir_2 均取0
	人力资源素质	<i>Human</i>	$\ln$ (专业技术人员里高级职称人数)(人)
	获奖情况	<i>Award</i>	获国家奖及省部级一、二等奖数量(个)

表2 变量的描述性统计

变量	个数	均值	标准差	最大值	最小值	变量	个数	均值	标准差	最大值	最小值
$\ln Y_1$	224	4.903	0.773	6.599	0.000	<i>Pgdp</i>	192	11.221	0.457	11.774	10.098
$\ln Y_2$	224	7.276	1.615	10.630	0.000	<i>Agri</i>	192	6.417	1.457	8.635	4.685
$\ln L$	192	5.021	0.504	5.924	2.996	Dir_1	192	0.375	0.484	1.000	0.000
$\ln K$	192	9.874	0.983	11.729	5.661	Dir_2	192	0.281	0.450	1.000	0.000
<i>Block</i>	192	6.811	2.428	8.999	0.000	<i>Human</i>	192	4.254	0.523	5.375	2.079
<i>Comp</i>	192	8.082	0.895	10.138	5.293	<i>Award</i>	192	1.172	1.318	6.000	0.000

① 指当年本单位科技开发实际到账收入,包括技术咨询、服务、培训、承包收入、学术活动收入、科普活动收入、试制产品收入、产品销售收入、经营服务收入、工程承包收入、投资收益、附属单位上交收入等。

② 指当年技术转让实际到账收入,包括单位有偿转让专利权、植物新品种权、著作权等具有知识产权的科技成果以及具有国审、省审品种证书和兽药证书等市场准入机制下形成的、非专利技术等科技成果取得的收入。

③ 包括国家重点研发计划、国家科技重大专项、国家自然科学基金、国家社会科学基金、现代农业产业技术体系等。

五、实证分析

(一)模型适用性检验

科研机构创新活动中,从科研投入到论文产出,再到成果转化产生经济效益往往存在一定时滞。借鉴既往研究(范旭和李蓓黎,2021;温珂等2013),本文同时考虑1年和2年的滞后期。首先,在不考虑影响因素的情况下,考虑采用SFA技术的合理性及生产函数的选择,结果见表3。模型1~模型4中的 γ 均通过显著性水平为1%的检验,表明技术无效率项在各科研机构的创新活动中显著存在,且各模型LR远大于5%显著性水平下的卡方临界值,证实了SFA适用于本文研究。

就时间因素影响参数 η 而言,产出为科技论文且滞后1年时,以及产出为成果经济效益且滞后2年时, η 显著为正,此时技术非效率随时间变化递减,即基础研究与成果转化的技术效率存在随时间递增的趋势,具有正向时变性;模型2和模型3中的 η 不显著。因此,为确保分析的准确性,当产出为科技论文时,选择1年滞后期;而当产出为成果经济效益时,选择2年滞后期。通常,相较于论文、专利等成果的产出周期,科研成果转化为实际经济效益往往需要更长时间。因此,本文在科技论文与成果经济效益的滞后期选择上具备一定合理性。

在随机前沿生产函数的选择中,为了检验超越对数生产函数形式比柯布-道格拉斯生产函数更适用于本文,构建原假设 H_0 ,即 $\beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$,柯布-道格拉斯生产函数更适合。计算结果见表3,模型1~模型4的广义似然率 λ 均大于5%显著性水平下的卡方临界值7.815,拒绝了原假设,说明超越对数生产函数更适合于拟合本文样本数据。因此,在下文效率估计及影响因素的分析中,均采用超越对数生产函数作为前沿函数形式。

表3 不考虑影响因素的随机前沿函数估计及假设检验结果

变量	科技论文产出		成果经济效益	
	模型1(滞后1年)	模型2(滞后2年)	模型3(滞后1年)	模型4(滞后2年)
随机前沿函数估计				
β_0	-7.635***(-7.885)	-1.041(-0.557)	-27.111***(-3.123)	-19.676**(-2.404)
$\ln L$	1.348(1.444)	1.589(1.479)	1.832(0.414)	1.279(0.320)
$\ln K$	1.301*** (2.672)	-0.087(-0.176)	5.590*** (4.076)	4.532*** (3.497)
$\frac{1}{2}\ln L \ln K$	-1.558***(-3.603)	-1.440***(-4.111)	-2.943***(-3.055)	-2.249**(-2.484)
$\frac{1}{2}\ln L^2$	1.319*** (2.973)	1.151*** (2.933)	2.761** (2.074)	2.203 (1.821)
$\frac{1}{2}\ln K^2$	0.308** (2.450)	0.418*** (3.961)	0.204 (0.724)	0.117 (0.428)
σ^2	0.226*** (3.037)	0.153*** (3.783)	2.085*** (2.988)	1.735*** (2.838)
γ	0.334* (1.855)	0.367** (2.236)	0.639*** (5.042)	0.647*** (5.033)
η	0.310** (2.497)	0.047 (1.274)	0.038 (1.620)	0.054** (2.527)
log likelihood function	-110.002	-70.954	-281.157	-263.602
LR	38.03	32.699	92.07	99.109
假设检验				
$L(H_0)$	-118.045	-79.880	-294.893	-273.940
广义似然率 λ	16.086	17.852	27.472	20.676
卡方临界值	7.815	7.815	7.815	7.815
检验结果	拒绝	拒绝	拒绝	拒绝

注:括号内数值为t检验数值;*、**、***分别表示显著性水平为10%、5%、1%(双侧)。卡方临界值为5%显著性水平下的临界值。

(二)创新效率测度

在不考虑影响因素的情况下,基于超越对数形式的随机前沿生产函数,2013—2018年中国农业科学院的基础研究效率和成果转化效率描述性统计结果见表4。32家科研机构间的科研活动创新效率存在较大差异,产出为成果经济效益时差距尤为明显。如模型4中,成果转化效率最大值为0.824,最小值仅为0.008,与平均值0.259存在较大差距,且效率值的标准差0.212也较大。

表4 2013—2018年科研机构两项成果产出效率值描述性统计

统计量	基础研究效率	成果转化效率
	模型1(滞后1年)	模型4(滞后2年)
个数	192	192
平均值	0.830	0.259
标准差	0.153	0.212
最大值	0.981	0.824
最小值	0.194	0.008

(三)影响因素分析

稳定性科研经费与竞争性科研经费对科研机构创新效率影响的估计结果见表5。需要说明的是,根据式(6)可知,模型5~模型8中的因变量均为技术非效率项,因此各影响因素对技术效率的正负向影响情况与

表中参数符号相反。模型 5 与模型 7 为两类科研经费只包含一次项的情形;为探究科研经费与不同成果产出效率间是否存在非线性关系,即 U 型关系,模型 6 与模型 8 中加入两类科研经费的二次项。为验证两类科研经费及其他 6 项控制变量整体上对科研机构创新效率有显著性影响,构建包含各变量系数的原假设进行广义似然率检验。结果表明,模型 5~模型 8 均拒绝原假设,说明本文选取的各项因素整体上确实显著影响科研机构的产出效率。且 4 个模型中, γ 均在 1% 显著性水平下接近于 1,再次说明技术非效率是影响科研活动达到前沿面产出水平的重要原因,进一步印证了本文采用 SFA 的合理性。

具体而言,就科研经费对基础研究效率的影响,结果见表 5 中的模型 5 与模型 6。模型 5 中稳定性经费与竞争性经费对基础研究非效率项均是负向影响,即对基础研究效率均是显著正向影响。为通过模型 6 检验两者之间是否存在非线性关系,首先应进行广义似然比检验,以考查模型 6 中二次项的加入是否对基础研究效率起到实质性影响。经计算,模型 6 拒绝二次项系数为 0 的原假设。因此,在本部分需要以模型 6 为准,同时考虑经费的一次项与二次项形式。模型 6 中稳定性经费与竞争性经费的一次项和二次项系数均在 1% 水平下显著,说明其与基础研究效率间可能呈 U 型关系。具体来看,稳定性经费的二次项系数为负,说明其对基础研究非效率的影响可能呈现倒 U 型关系,即稳定性经费与基础研究效率之间成正 U 型关系。但对称轴 $-b/2a=3.097$,通过对稳定性经费对数的数据分析发现,滞后 1 年时的 192 个观察值中只有 20 个值(全为 0 值)小于 3.097,只占 0.104,且远小于下四分位数 7.008。因此有理由认为稳定性经费与基础研究效率呈正向关系,即稳定性经费越多,基础研究效率越高。该结果不支持假设 1,潜在原因是本文以创新工程经费和基本科研业务费来表征稳定性经费,这两种经费并不是全部直接下拨给科研人员,其中部分经费用于院级或所级根据实际任务统筹使用,且对经费的使用情况存在定期量化考核制度,因此稳定性经费的增多并不会过分助长科研惰性,基础研究效率也并不会因此下降。当然,假设 1 的不支持也可能是因为样本期较短,且分析时期内以创新工程经费为代表的稳定性经费的支持尚处于早期阶段,经费数额还较少,不能反映出资助过多而对基础研究效率产生的负向影响。竞争性经费对基础研究非效率项影响的二次项系数为正,且对称轴 $-b/2a=8.026$,接近于中位数 8.166,表明其与基础研究效率之间确实呈倒 U 型关系,即竞争性经费并非越多越好,而是存在一个临界值。在临界水平之前,竞争性经费的增多可以提高基础研究效率;但当竞争性经费越过临界点之后,其经费数额的进一步增多反而不利于基础研究效率的提高。因此,实证结果支持假设 3。

就科研经费对成果转化效率的影响,结果见模型 7 和模型 8。首先检验模型 8 中加入的二次项是否会对效率产生实质性影响,也就是说其系数是否为 0。经计算,并未通过检验,即不应加入二次项。因此,主要讨论模型 7 中仅包含一次项的情形,模型 8 中的结果虽然显著,但只作参考。具体来看,模型 7 中稳定性经费对技术非效率项的系数显著为负,即与成果转化效率之间存在显著正相关关系;此外,在模型 8 中,虽然稳定性经费看似与成果转化效率之间呈 U 型关系,但通过分析发现两者之间仍为正相关的关系,因此支持假设 2。模型 7 中竞争性经费与成果转化效率之间同样呈显著的正相关关系,说明竞争性政府科研项目与企业研发项目会显著提高科研成果转化为经济效益的效率,假设 4 得到支持。

表 5 产出效率影响因素的估计结果

变量	基础研究		成果转化	
	模型 5(滞后 1 年)	模型 6(滞后 1 年)	模型 7(滞后 2 年)	模型 8(滞后 2 年)
常数项 δ_0	-33.342(-1.582)	1.258(1.029)	-0.846(-0.784)	-0.996(-0.887)
<i>Block</i>	-0.371*(-1.856)	1.796*** (6.719)	-0.361*(-1.656)	3.354*** (2.654)
<i>Block</i> ²		-0.290***(-8.611)		-0.485***(-2.594)
<i>Comp</i>	-1.172*(-1.909)	-12.553***(-7.183)	-6.813***(-3.619)	-8.818*(-1.668)
<i>Comp</i> ²		0.782*** (6.846)		0.196(0.907)
<i>Pgdp</i>	3.033*(1.674)	3.266*** (6.076)	3.084*** (3.200)	2.910* (1.731)
<i>Agri</i>	1.585** (2.024)	1.595*** (10.041)	-1.394*** (-3.010)	-0.896*** (-2.665)
<i>Dir</i> ₁	-0.815(-1.540)	-0.524*(-1.942)	2.016(1.333)	2.771(1.591)
<i>Dir</i> ₂	-0.647*(-1.657)	-0.692*(-1.883)	0.895(0.704)	2.107*(1.741)
<i>Human</i>	-0.806(-1.541)	0.282(0.656)	4.991*** (3.700)	5.717*** (2.618)
<i>Award</i>	-0.297*(-1.789)	-0.052(-0.495)	-2.371*** (-2.699)	-1.894** (-2.231)
σ^2	2.080** (2.188)	1.055*** (8.425)	12.257*** (3.398)	9.710*** (2.670)
γ	0.970*** (73.807)	0.921*** (46.465)	0.957*** (54.685)	0.942*** (38.196)
log likelihood function	-97.226	-90.056	-285.300	-283.736
<i>LR</i>	63.583	77.923	55.712	58.84

注:括号内数值为 *t* 检验数值;*、**、***分别表示显著性水平为 10%、5%、1%(双侧)。

(四)进一步分析

为全面刻画稳定性经费与竞争性经费对创新活动的影响,有必要从高质量创新产出的角度展开进一步分析。由于成果转化以实际收益度量,无高低优劣之分。因此,本部分着重分析两类经费对以高水平论文来表征的高质量基础研究产出效率的影响。由于不同年度研究所评价中对论文的统计指标并不始终一致,因此为尽可能保持年度间的一致性,以计分标准不小于2的统计指标涉及的论文为高水平论文^④,且高质量基础研究产出滞后1年。两类经费的影响结果见表6。

模型9中未考虑经费二次项,稳定性经费与高质量基础研究产出之间不存在显著相关性,而竞争性经费的系数在1%水平下显著为负,即与高质量基础研究效率之间呈显著正相关关系。模型10中加入科研经费的二次项,稳定性经费的系数仍然不显著,竞争性经费与高质量基础研究产出效率之间则可能存在显著倒U型关系。具体来看,对称轴 $-b/2a=9.781$,通过对竞争性经费对数的数据分析发现,192个观察值中只有3个值大于9.781。因此有理由认为竞争性经费与高质量基础研究效率间呈正向关系,而非倒U型关系,即竞争性经费越多,高质量基础研究效率越高。

在样本期内,稳定性经费的增加可显著提高基础研究效率,却与高质量基础研究效率之间不存在相关性。究其原因,正如前文所提,当前部分稳定性经费在实践中仍以竞争性机制使用,符合农业科研规律的有效稳定支持机制还尚未完全建立(韩凤芹,2021);此外,创新工程经费作为稳定支持的大头,在本文分析时期内仍处于起步阶段,稳定支持力度还有待加强,且高质量基础研究成果的产生往往需要较长周期,因此稳定性经费对研究质量的提升还并不明显。竞争性经费与基础研究效率之间呈倒U型关系,却与高质量产出效率之间呈显著正相关关系。这是因为,竞争性经费的提高并非仅源于各类小项目,亦或是地方政府与企业项目的堆积,而是体现在国家自然科学基金项目等高水平重大科技项目的增加。这类竞争性项目对基础研究水平的要求也更高,重大科技成果产出往往出自于此。同时,不论源于何种项目的竞争性经费增加,往往与科研人员所需承担的责任及为琐事付出的精力等成正比。因此,基础研究效率会在竞争性经费达到一定程度后,随着高水平竞争性项目经费的增加而降低,而高质量基础研究的效率则会显著提高。

表6 高质量基础研究产出效率影响因素的估计结果

变量	高质量基础研究	
	模型9(滞后1年)	模型10(滞后1年)
常数项 δ_0	-21.004***(-3.781)	-2.555*(-2.207)
Block	0.050(0.801)	-0.314(-0.894)
Block ²		0.054(1.183)
Comp	-0.701***(-3.294)	-2.954***(-2.787)
Comp ²		0.151**(2.331)
控制变量	控制	控制
σ^2	1.383*** (6.063)	1.456*** (5.342)
γ	0.989*** (132.438)	0.999*** (177242.65)
log likelihood function	-251.281	-249.732
LR	83.707	86.805

注:括号内数值为t检验数值;*,**、***分别表示显著性水平为10%、5%、1%(双侧)。

六、结论与政策建议

(一)主要结论

本文基于2013—2020年中国农业科学院下属32个研究所的面板数据,利用随机前沿分析方法,深入分析稳定性与竞争性科研经费对基础研究与成果转化效率及高质量基础研究的影响,研究发现:

不同类型科研经费对农业领域国立科研机构的创新活动存在异质性影响,主要体现在对基础研究的影响上。具体而言,稳定性经费可以显著提高科研机构的基础研究效率,而竞争性经费与基础研究效率之间呈倒U型关系,不同于以往研究线性相关的结论;稳定性经费与竞争性经费均可以显著提高成果转化效率;同时,稳定性经费的增加还并未显著提升高质量基础研究的产出效率,而竞争性经费则与高质量基础研究效率正相关。

科研经费的稳定性与竞争性的不同特性是造成这一差异的主要原因:稳定性科研经费强调“稳事业”与“稳人心”,安心科研有利于研究效率的提升与重大成果的产出及应用,其竞争遴选、定期考核与统筹使用等管理机制也可抵消科研惰性的不利影响,但符合农业规律的有效稳定支持机制尚未完全构建等原因,使得稳定性经费对高质量基础研究的影响还有待加强;竞争性科研经费带有项目结题的导向激励,虽有利于科研效

④ 2014—2016年,涉及的统计指标为“院选顶尖SCI核心期刊或相应级别期刊发文数”、“院选顶尖SCI核心期刊论文参加”和“院选SCI核心期刊或相应级别期刊发文数”;2017—2019年,涉及的统计指标为“SCIENCE、NATURE、CELL3个期刊论文数”、“其他顶尖SCI期刊(影响因子>20)论文数”、“JCR学科排名第一,或影响因子高于8的期刊论文数”和“JCR学科排名前5%期刊论文数”。

率的提升,但过度竞争挤压了有限的科研时间,会对基础研究产生不利影响;然而从另一视角来看,来源于高水平与高投入科研项目增加而非小项目堆积的竞争经费提升,达到某一阈值后虽会显著降低基础研究整体产出效率,但却提高了高质量研究成果产出效率;此外,不论何种科研经费支持的成果转化活动,持续的转化收入激励都会产生正面影响。

(二)政策建议

首先,由于稳定性科研经费与创新效率显著正相关,对于农业等长周期基础研究领域的科研机构,在现有稳定支持的基础上,国家要进一步加大稳定性经费的资助力度,在资源配置上强化对战略性、前瞻性,需要长期稳定攻关等基础研究方向的支持,以团结稳定科研人员,使其按照农业科技发展规律开展相关科研活动,为推进高水平科技自立自强打下坚实基础。同时也要重视对商业化前景巨大的短期项目的后期稳定支持,避免相关研究由于缺乏经费支持而搁置。此外,由于体制机制等原因,稳定性经费还并未在提高高质量基础研究成果产出效率方面发挥显著作用,为此国家应在经费“包干制”、全成本核算等方面继续着力构建有效的稳定支持机制。

其次,由于竞争性科研经费正向影响成果转化效率,因此,农业领域竞争性资源的配置要进一步强化应用与成果转化导向。但与基础研究效率之间的倒U型关系,以及与高质量基础研究效率之间的正相关关系,说明科研机构要探索争取适当数量的竞争性科研项目,但要加强争取国家自然科学基金等高水平科研项目立项。同时,宏观管理部门要从国家战略需求等角度统筹考虑,采取将部分竞争性项目资助转变为以竞争遴选为基础的团队式稳定拨款等手段,来避免过度竞争,以兼顾基础研究与成果转化效率,实现整体最优水平。此外,考虑到稳定性科研经费增加到一定程度之后对竞争性科研项目的“挤出”效应,也要探索合适的科研经费资助结构,即两类科研经费之间的最优比例,不可过度加大稳定性科研经费支持。

(三)未来研究展望

最后,本文也还存在一定局限性。由于数据获取的有限性,本文样本分析周期还不够长,未能考虑到较长的滞后期,无法反映科研经费,特别是稳定性科研经费,对科研机构创新效率的长期影响。通常来说,农业领域科研活动具有长周期、见效慢的特点。因此,本文可能低估了科研机构的创新效率,以及科研经费对成果转化效率的影响。此外,本文仅限于农业领域科研机构,科研经费对其他领域科研机构会产生怎样的影响还有待进一步考证。为此,后续研究可继续探究科研经费对其他领域科研机构创新效率的影响,且在数据可得的情况下,尽可能延长样本周期与成果滞后期。

参考文献

- [1] 白俊红, 2013. 我国科研机构知识生产效率研究[J]. 科学学研究, 31(8): 1198-1206, 1177.
- [2] 蔡爱惠, 2012. 试论竞争性与非竞争性二元结构的高校科研资助体系[J]. 中国行政管理, (5): 68-71.
- [3] 陈耀, 赵芝俊, 高芸, 2020. 中国省域农业科研机构科技创新效率及影响因素分析[J]. 浙江农业学报, 32(4): 731-741.
- [4] 董玥妍, 万勇, 李志钺, 等, 2022. 竞争性资金与高校科研产出——基于622所高校的实证研究[J]. 中国科技论坛, (4): 17-26.
- [5] 范旭, 李蓓黎, 2021. 科研机构基础科研创新效率评价及提升研究[J]. 科技管理研究, 41(15): 117-126.
- [6] 韩凤芹, 2021. 提升研发投入效率实现科技自立自强[J]. 科学新闻, 23(4): 10-13.
- [7] 胡欣悦, 任紫娟, 汤勇力, 2020. 我国重点高校技术转移效率变化的影响因素研究——基于面板随机前沿分析方法[J]. 技术经济, 39(7): 200-208.
- [8] 黄璐, 蔡依洁, 徐洪, 等, 2023. 单纯增加稳定性经费能否解决科研过度竞争?[J]. 科学学研究, 41(3): 464-471.
- [9] 寇明婷, 朱仁然, 杨一帆, 2021. 科技经费来源结构对高校科研效率的影响研究[J]. 科学学研究, 39(12): 2201-2212.
- [10] 李柏洲, 董恒敏, 2017. 基于PP-SFA的协同创新中科研院所的价值创造效率研究——以中科院12所分院为例[J]. 科研管理, 38(9): 60-68.
- [11] 李慧泉, 毛世平, 2020. 人力资源对中国农业科研院所创新效率的影响——兼论科技创新模式选择的重要性[J]. 科技管理研究, 40(12): 96-103.
- [12] 李万君, 包玉泽, 颜廷武, 等, 2022. 依靠农业科技引领支撑乡村振兴[J]. 宏观经济管理, (9): 69-75.
- [13] 李小红, 陈姚祥, 2013. 基于SFA模型的大学和研发机构科学论文产出效率分析[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 34(4): 13-18.
- [14] 李芸, 雷宏振, 张小筠, 2020. 基于SBM模型的科技创新效率及影响因素研究[J]. 技术经济, 39(5): 1-8.

- [15] 龙文进, 张玉梅, 2022. 让科技更好托举起中国饭碗[N]. 光明日报, 2022-12-07(11).
- [16] 罗理, 2020. 竞争还是稳定: 国外科研经费资助方式和结构综述[J]. 中国科技论坛, (4): 19-29.
- [17] 尼鲁帕尔·迪力夏提, 郭静利, 2021. 国家级农业科研院所科研效率评价及其影响因素——基于 DEA-Malmquist-Tobit 模型[J]. 科技管理研究, 41(18): 66-72.
- [18] 王春元, 于井远, 2021. 偏向性政府科研资助与产学研融合: 经验证据与作用机制[J]. 科学学研究, 39(11): 2024-2034.
- [19] 温珂, 张敬, 宋琦, 2013. 科研经费分配机制与科研产出的关系研究——以部分公立科研机构为例[J]. 科学学与科学技术管理, 34(4): 10-18.
- [20] 张腾, 沈建新, 2011. 中国科研经费分配体制问题探讨[J]. 江苏农业学报, 27(5): 1137-1140.
- [21] 张耀方, 白杰, 2015. 非竞争性经费支持高校自主科研路径优化研究[J]. 科技进步与对策, 32(2): 19-23.
- [22] 张玉磊, 张光宇, 马文聪, 等, 2022. 什么样的新型研发机构更具有高创新绩效? ——基于 TOE 框架的组态分析[J]. 科学学研究, 40(4): 758-768.
- [23] AURANEN O, NIEMINEN M, 2010. University research funding and publication performance—An international comparison [J]. Research Policy, 39(6): 822-834.
- [24] BATTESE G E, COELLI T J, 1992. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India[J]. Journal of Productivity Analysis, 3(1): 153-169.
- [25] BATTESE G E, COELLI T J, 1995. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data[J]. Empirical Economics, 20(2): 325-332.
- [26] GUSH J, JAFFE A, LARSEN V, et al, 2018. The effect of public funding on research output: The New Zealand Marsden Fund[J]. New Zealand Economic Papers, 52(2): 227-248.
- [27] HEINZE T, SHAPIRA P, ROGERS J D, et al, 2009. Organizational and institutional influences on creativity in scientific research[J]. Research Policy, 38(4): 610-623.
- [28] JACOB M, 2013[2023-04-12]. Research funding instruments and modalities: Implication for developing countries[EB/OL]. Paris: OECD. https://www.oecd.org/sti/Draft_Report_public_funding_instrument_final.pdf.
- [29] WANG H J, SCHMIDT P, 2002. One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels[J]. Journal of Productivity Analysis, 18: 129-144.
- [30] WANG J, LEE Y N, WALSH J P, 2018. Funding model and creativity in science: Competitive versus block funding and status contingency effects[J]. Research Policy, 47(6): 1070-1083.

Research on the Innovative Impact of the Funding Allocation Structure of National Agricultural Research Institutes

Wang Teng^{1,2}, Guan Zhongcheng^{1,2}, Feng Xiaoyun³, Li Qiang¹, Dong Zhaohui^{4,5}

(1. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Department of Science and Technology Administration, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

4. Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

5. Center for Strategic Studies, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on the panel data of national agricultural research institutes in China from 2013 to 2020, the Stochastic Frontier Analysis was used to analyze the influence of different types of research funds on the efficiency of basic research and achievement transformation of research institutes for the first time under the premise of controlling the regional differences and institutional characteristics of research institutes. And the heterogeneous impact of the two types of funds on high-quality basic research was also considered. It is found that the increase of block funding can significantly improve the efficiency of basic research and achievement transformation, but have no significant effect on the efficiency of high-quality basic research. There is an inverted U-shaped relationship between competitive funding and the efficiency of basic research, and the funding has a significant positive correlation with the efficiency of achievement transformation. At the same time, there is also a significant positive correlation between it and the efficiency of high-quality basic research.

Keywords: block funding; competitive funding; research institutes; innovation efficiency; stochastic frontier analysis