

基于 STIRPAT 模型的农户农药化肥施用行为研究

——以武汉市城乡结合部为例¹

马才学，金莹，柯新利，朱凤凯，李红艳，马艳春

（华中农业大学 公共管理学院，湖北 武汉 430070）

【摘要】：以武汉市城乡结合部为例，基于农户调查数据，采用 STIRPAT 随机回归模型分析不同生计类型的农户农药化肥施用差异。结果发现：①不同生计类型的农户农药化肥施用强度存在显著差异：纯农户 > 一兼农户 > 二兼农户；②不同生计类型的农户农药化肥施用影响因子不同：纯农户农药化肥施用强度主要与收入构成相关，一兼农户农药化肥施用强度主要与耕地规模相关，二兼农户农药化肥施用强度与非农活动程度、耕地规模、农户收入构成相关；③相比不分类型的农户农药化肥施用行为，不同生计类型的农户农药化肥施用行为能深入客观揭示地农户农药化肥施用行为的关键影响因素，为实现农户农药化肥施用行为调控提供科学依据。

【关键词】：生计类型；农药化肥施用；农户；城乡结合部；武汉市

【中图分类号】：S48；S143 **【文献标志码】：**A **【文章编号】：**1005-8141（2018）01-0001-05

中国是农业和农药化肥施用大国。1994 年，我国化肥消费总量超过美国，成为世界第一农药化肥施用国^[1]。近年来，我国农药化肥施用强度一直呈现出上升的趋势^[2]。据《中国统计年鉴》统计，2015 年我国化肥消费总量达到 6022.6 万 t，约占全世界消费量的 35%，相当于美国、印度两国化肥施用量的总和。在农业生产中，化肥是最基础和最重要的物质投入，对促进农作物增产起到了关键作用，保障了我国农业增长和粮食安全^[3]。但是，我国农药化肥施用强度增加也造成了严重的农业面源污染和农产品质量问题^[4, 5]。

农户作为农村地区最基本的决策单位，是农药化肥施用的主体。目前国内外有大量研究对农户农药化肥施用行为进行了分析，包括农业技术培训对农户化肥施用行为的影响^[6]、农户减少农药化肥施用强度的生产意愿和影响因素分析^[7]、依托农药化肥施用的农户低碳生产行为影响因素分析^[8]、依托农药化肥施用的农田生态补偿测算^[9]、农药化肥施用对环境的影响、农药化肥投入的时空差异^[11]等。但当前大多数研究忽略了农户生计方式不同对农药化肥施用强度的影响。当前农户生计方式分化正在我国发生，农户生计方式分化对投入、生产决策、土地利用行为等都产生了较大的影响^[12-19]，并且农户生计方式分化也有可能通过这些影响因素导致对农药化肥施用量的差异。所以，研究不同生计类型的农户农药化肥施用行为，为科学认识农户农药化肥施用行为的影响因素、合理调控农药化肥施用量提供依据。

1、研究区概况

¹【收稿日期】：2017-11-20；【修订日期】：2017-12-25

【基金项目】：国家自然科学基金项目（编号：41371113、41101098）；国家社会科学基金项目（编号：13CGL092）；中央高校基本科研业务费专项基金项目（编号：0900206296）。

【第一作者简介】：马才学（1961-），男，湖北省天门人，博士，教授，主要研究方向为空间信息技术在土地资源管理中的应用。

【通讯作者简介】：柯新利（1977-），男，湖北省天门人，博士，教授，主要研究方向为土地利用与管理。

武汉市地处长江中下游平原、江汉平原东部，属亚热带季风性湿润气候区，具有雨量充沛、日照充足、四季分明，夏季高温且降水集中，冬季稍凉且湿润等气候特点，是我国粮食产量大省——湖北省的省会城市。武汉市城乡结合部由中心城区与黄陂区、新洲区、江夏区、汉南区、蔡甸区、东西湖区六个远城区交汇构成。城乡结合部邻接大型农产品消费市场，是城市居民短途观光休闲活动的首选区域，为农户选择生计多样化提供了便利，是农户生计方式分化最明显的区域^[17]。

改革开放以来，武汉市城市化、工业化迅速发展，建成区面积不断扩大，导致耕地面积急剧减少。截至 2014 年末，武汉市总面积为 8494.41km²，其中 7 个中心城区的面积为 863km²，建成区的面积为 552.61km²。便利的交通系统、较高的非农活动收益等因素使武汉市城乡结合部的农民生计方式发生了明显分化。《武汉市统计年鉴》数据显示，2010-2014 年武汉市乡村从业人员从事农林牧渔业的人数由 56.45 万人减少至 49.93 万人，从事非农行业的人数均有不同幅度的提高。

2、数据来源与研究方法

2.1 数据来源

为了考察武汉市城乡结合部农户生计方式对农药化肥施用的影响，本文采用简单随机抽样法进行入户调查。本研究使用的数据为 2015 年 11 月对武汉市黄陂、新洲、江夏等城郊区域的农户调研数据（图 1）。本次发放问卷 729 份，其中有效问卷为 568 份，占调查问卷总数的 77.9%。调查内容主要包括：①农户家庭基本情况，包括家庭成员年龄、性别、受教育程度、家庭收入结构等；②农户的生计方式，包括农户家庭的主要收入来源、从事职业方向等；③农户的农业生产情况，包括目前农田投入成本与产出效益情况、农户家庭的耕地规模、是否存在耕地转移行为、农药化肥施用强度等。



图 1 调查样点分布

2.2 农户生计类型划分

由于城乡结合部的区位优势特点，为农户选择生计多样化提供了便利。由于该区域邻接大型农产品消费市场，同时也是城市居民短途观光休闲活动的首选区域，因此城乡结合部地区农户通常选择兼业活动来提高生计水平。所谓兼业活动，主要是指农户家庭劳动力在从事农业劳动的同时，部分人会利用农闲时进行非农工作，甚至有些农户家庭成员将非农工作作为主体，仅利用工作之余的周末进行农业劳动^[17]。按照非农化程度和农户生计多样化差异，综合已有农户类型划分的研究成果^[20-23]，以有无劳动力从事非农活动为标准，将武汉市城乡结合部农户家庭划分为四大类别：纯农户家庭、一兼农户家庭、二兼农户家庭、

非农户家庭。其中，纯农户家庭成员均从事农业活动，一兼农户家庭中超过 50%的劳动力从事农业活动，二兼农户家庭中超过 50%的劳动力从事非农业活动，非农户家庭中全部家庭成员均从事非农业活动。根据此划分标准，本研究有 79 户为纯农户家庭，129 户为一兼农户家庭，260 户为二兼农户家庭，96 户为非农户家庭，分别占调查总数的 14.0%，22.9%、46.1%、17.0%。

2.3 模型构建

本文采用环境压力随机模型（Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence , and Technology, 简称“STIRPAT 随机回归模型”）分析生计方式对农药化肥施用的影响。STIRPAT 随机模型是指国家或地区对环境和生态系统的影响（I）都是其人口数量（P）和富裕水平（A）的产物，并被支持这种富裕程度的特定技术（T）所影响，其实质是测算人类活动对环境的输入性影响或压力^[24]。借鉴现有研究成果^[25]，赵雪雁在研究生计方式对农户生活能源消费量的影响时采用 STIRPAT 随机回归模型分析家庭特征、收入、能源可获取性对农户生活能源消费量的影响。结合调研区的实际情况，在本研究中，I 为农户家庭的农药化肥施用强度；P 为农户家庭的非农活动程度，反映农户家庭的农业劳动力；A 为农户家庭的耕地规模，反映农户家庭的农业经济资产；T 为农户家庭的收入构成，反映农户家庭的种植技术不同所带来的收益差异。

STIRPAT 模型的表达形式为：

$$I = aP^b A^c T^d e \dots\dots\dots (1)$$

式中，a 为该模型的系数；b，c，d 分别为 P、A 和 T 的驱动力指数；e 为误差项。

在对模型取对数后，原模型变为：

$$\ln(I) = \ln a + b \ln P + c \ln A + d \ln T + \ln e \dots\dots\dots (2)$$

该模型以对数形式表示的优势在于：方程中的

参数可直接反应因变量对自变量的弹性，因此以驱动力指数（b，c，d）表示。如果其他影响因素保持不变，驱动力因素（P 或 A 或 T）变动 1%表示引起农药化肥使用量变动的百分比。

为了确定所选变量（非农活动程度、耕地规模、农户的收入构成）与农户家庭的农药化肥施用强度间是否存在相关关系，本研究使用灰色关联度进行预检验。灰色关联度分析方法可以找出各种影响因素与系统发展态势之间的关系^[26]，定量分析出农户的农药化肥施用强度与所选变量之间的关联排序，从而提供选择该影响因子的依据。

3、结果分析

3.1 农户基本特征

武汉市城乡结合部区域不同生计类型的农户农业活动情况具有明显差异（由于非农户家庭不进行农业活动，因此本研究仅讨论纯农户、一兼农户、二兼农户三种生计类型农户）。随着农户家庭进行非农活动程度增加，其平均耕地规模、农业收入比例等明显降低。其中，纯农户家庭中有耕地转入行为的占农户总数的 13.9%，平均耕地规模 0.56hm²，农业收入（包括所有与耕地相关的收入）占家庭总收入的 68.4%，年均农业收益 9476.63 元/户（表 1）。

表 1 武汉市城乡结合部不同生计类型的农户基本特征

农户生计类型	纯农户	一兼农户	二兼农户
有耕地转入行为农户数（户）	11	12	8
有耕地转入行为农户比重（%）	13.90	9.30	3.10
平均耕地规模（hm ² ）	0.56	0.39	0.33
年平均农业收益（元/户）	9476.63	7396.38	5101.60
农业收入比例（%）	68.40	26.90	18.10
农药化肥施用强度（元/年·hm ² ）	8592	8001	6622.50

目前，农药化肥施用强度主要有数量和价格两种度量方式。由于本研究是从农户生计视角对农药化肥施用量进行研究，农户生计具有资产属性，为使两者计量单位保持一致，本研究采用价格度量农药化肥的施用强度。武汉市城乡结合部农户家庭的农药化肥施用量随农业活动程度增加而增多，相比纯农户家庭，一兼农户、二兼农户的农药化肥施用强度分别减少了 6.9%、22.9%。根据样本统计显示，不同生计类型的农户农药化肥施用差异明显。为了进一步验证不同生计类型的农户化肥农药施用量是否具有显著性差异，本研究对三种生计类型的农户农药化肥施用量进行了两两之间的独立变量 t 检验。结果显示，一兼农户家庭和二兼农户家庭农药化肥施用量差异在 0.15 的显著水平下拒绝原假设，其他生计类型的农户农药化肥施用量两两之间在 0.1 的显著水平下均具有显著性差异，且三种生计类型的农户家庭农药化肥施用强度数量关系为：纯农户家庭>一兼农户家庭>二兼农户家庭。

3.2 农户农药化肥施用关键影响因素分析

通过灰色关联度分析发现，农户收入构成、耕地规模、非农活动程度均对农户农药化肥施用强度有较大影响。我们将全部样本点农户的农药化肥施用强度作为因变量，将农户的非农活动程度、耕地规模、收入构成作为自变量，采用 STIRPAT 随机回归模型分析农户农药化肥施用的关键影响因素，见表 2 中的模型（1）。利用最小二乘法对模型进行拟合，模型（1）的 R² 统计量达到 0.678，F 统计量为 11.95，在 0.001 水平上显著，说明方程拟合情况较好，上述变量能解释农户农药化肥施用强度的 67.8%。

表 2 不同生计类型的农户生计方式对农药化肥施用的影响

回归模型	模型（1） 全部农户	模型（2） 纯农户	模型（3） 一兼农户	模型（4） 二兼农户
常数	-2.34	6.35	5.55	3.56
非农活动程度	-3.72***	—	—	-4.27**
耕地规模	0.45**	—	0.73***	0.45*
农户收入构成	0.05*	0.88**	—	0.06*

注：*、**、***分别表示显著性水平为 0.1、0.05、0.01。

结果显示，非农活动程度与农户农药化肥施用强度在 0.01 的显著性水平上呈显著负相关，说明随着非农活动程度的增强，农户的农药化肥施用强度将显著下降，且非农活动程度的非标准化系数小于-1，说明非农活动程度增强引起的农药化肥施用强度减少速度高于非农活动程度自身的变化速度。耕地规模、农户的收入构成分别在 0.05、0.1 的显著性水平上与农户的农药化肥施用强度呈显著正相关，说明农户家庭扩大耕地规模、增加农业收入比例会影响农户的农药化肥施用强度。但耕地规模和农户收入构成的非标准化系数为小于 1 的正数，说明扩大耕地规模、增加农业收入比例引起的农药化肥施用强度增加速度低于耕地规模、农户收入构成自身的变化速度。其中，耕地规模对农药化肥施用的影响与农业生产方式有关。当农户经营的耕地面积

较大时，他们主要采用资本密集型生产方式，即主要通过化肥农药等物质生产要素的大量投入来实现收益增加^[8]。农户收入构成对农药化肥施用的影响与农户对耕地的依赖程度有关，农户家庭非农业收入水平越高，他们可能越愿意尝试具有一定风险性的农业活动^[27]。反之，农业收入比例越大，农户增产增收的期望越高，农药化肥的投入越大。非农活动程度对农药化肥施用的影响与农业劳动力有关。一般而言，家庭劳动力数量多，意味着农户采用劳动密集型生产方式的可能性较大。为了降低物质成本，农户可能更倾向于减少化肥农药施用量^[8]。

3.3 不同生计类型的农户农药化肥施用差异分析

由于不同生计类型的农户农药化肥施用存在显著差异，本文分别对纯农户、一兼农户、二兼农户这三种不同生计类型的农户进行了定量分析。使用 STIRPAT 随机模型，以农户的农药化肥施用强度作为因变量构建逐步回归，利用最小二乘法对农户生计方式与农药化肥使用的影响模型进行拟合，拟合情况见表 2 中的模型（2）、（3）、（4）。

分析结果显示，纯农户家庭的收入构成与农户的农药化肥施用强度在 0.1 显著性水平上呈显著正相关，说明农户农业收入比例降低会在一定程度上引起农户农药化肥施用强度下降。纯农户家庭由于收入来源相对单一性，其农业收入比例越大，该类农户对耕地的依赖程度越高，愿意尝试具有一定风险性的农业活动的可能性越低。无论耕地规模多少，纯农户均会最大程度地提高产量，而增大农药化肥施用强度是他们采取的有效途径之一，因此纯农户家庭的农药化肥施用强度主要与农户收入构成显著相关。针对该类型农户可采用增加农业补贴等方式来增加他们的非农收入，以此降低该类农户的农业收入占比，达到调控农药化肥施用强度的目的。

一兼农户家庭的农药化肥施用强度主要与耕地规模相关。该类农户家庭的耕地规模与农户的农药化肥施用强度在 0.01 显著性水平上呈显著正相关，说明农户耕地规模扩大会在一定程度上引起农户农药化肥施用强度增多，但其非标准化系数均大于 0 小于 1，说明扩大耕地规模引起的农药化肥施用强度低于耕地规模的变化速度。一兼农户家庭耕地规模越大，他们选择非农活动的机会成本越高，会促使他们更多地进行农业活动，从而导致非农活动程度降低、农业收入比例提高，引起农药化肥施用强度变化。针对该类型农户应提倡适度规模经营，达到调控农药化肥施用强度的目的。

二兼农户家庭生计方式与农药化肥使用影响的分析结果与总体分析结果类似，说明在武汉市城乡结合部这一特殊区域，二兼农户占全部农户的比例最大，与现实情况相符。二兼农户家庭耕地规模、农户收入构成在 0.1 显著性水平上与农户的农药化肥施用强度呈显著正相关，但耕地规模和农户收入构成的非标准化系数均大于 0 小于 1，说明扩大耕地规模、提高农业收入比例引起的农药化肥施用强度增加速度低于耕地规模、农户收入构成自身的变化速度。二兼农户家庭由于缺少农业劳动时间，多采用粗放耕作方式，其耕地规模的扩大会提高农药化肥施用强度，但并非带来更多的农业收入，因此二兼农户的农药化肥施用强度与农户收入构成、非农活动程度、耕地规模均具有显著的相关关系。针对该类型农户应鼓励他们增加农业劳动力，适度扩大耕地规模、增加农业收入比例，达到调控农药化肥施用强度的目的。

4、结论与讨论

不同生计类型农户的农药化肥施用强度存在显著差异：三种生计类型的农户家庭农药化肥施用强度数量关系为：纯农户家庭>一兼农户家庭>二兼农户家庭。一方面，城乡结合部的纯农户家庭往往具有农户年龄较大、劳动力不足、难以进行非农活动等特征，且与其他类型农户相比耕地规模更大等因素促使该类农户通过农药化肥的大量施用来实现增产增收。另一方面，农户对耕地重视程度越高，会通过增加化肥农药施用量来促进农作物生产、提高农作物产出的可能性越大。纯农户家庭单一的农业收入来源，导致该类农户对耕地的重视程度比其他类型农户更高，农药化肥施用强度更强。

不同生计类型农户农药化肥施用行为的影响因子不同：纯农户家庭由于收入来源相对单一性，对耕地的依赖度最高，无论耕地规模大小，该类农户均会加大化肥农药施用来最大程度地提高产量，因此该类农户的农药化肥施用强度主要与农户收入构

成显著相关。一兼农户家庭耕地规模越大，他们选择非农活动的机会成本越高，会促使他们更多地进行农业活动，从而导致非农活动程度降低、农业收入比例提高，因此该类农户的农药化肥施用强度主要与耕地规模显著相关。二兼农户家庭由于缺少农业劳动时间，多采用粗放耕作方式，耕地规模的扩大会提高农药化肥施用强度，但并非带来更多的农业收入，因此该类农户的农药化肥施用强度与农户收入构成、非农活动程度、耕地规模三个影响因素均具有显著的相关关系。

采用分生计类型来研究农户农药化肥施用强度的影响因素更具体、更客观。开展不分生计类型的农户农药化肥施用行为分析与分类型分析的结果存在较大差异。不分生计类型时，农户收入构成、非农活动程度、耕地规模均对农户农药化肥施用强度具有显著影响；而分类型农户农药化肥施用行为影响因素则对应不同生计类型存在不同的影响因子。农户生计结构所体现的分化特点必然要求在农户农业行为分析中不能一刀切。在城乡结合部区域，农户生计多元化分化明显^[14]，需针对不同生计类型的农户开展有针对性的农药化肥施用行为精准调控。

农药化肥施用行为研究对改善耕地利用的生态效率具有重要意义。农户作为农药化肥施用的主体，直接影响着农药化肥施用情况。本研究分析了不同生计类型的农户农药化肥行为及其影响因素，发现在不同生计类型的农户间存在显著性差异，因此要重视生计分化的差异，针对不同的生计类型分析农户的耕地利用行为，开展针对性的调控。

[参考文献]:

- [1] 栾江, 仇焕广, 井月, 等. 我国化肥施用量持续增长的原因分解及趋势预测[J]. 自然资源学报, 2013, 28(11): 1869-1878.
- [2] 马文奇, 张福锁, 张卫锋. 关乎我国资源、环境、粮食安全和可持续发展的化肥产业[J]. 资源科学, 2005, 27(3): 33-40.
- [3] Wang Q, Halbrendt C, Johnson S R. Grain Production and Environmental Management in China's Fertilizer Economy[J]. Journal of Environmental Management, 1996, 47(3): 283-296.
- [4] Choudhury A T M A, Kennedy I R. Nitrogen Fertilizer Losses from Rice Soils and Control of Environmental Pollution Problems[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2005, 36(11-12): 1625-1639.
- [5] Bosede A J. Economic Assessment of Fertilizer Use and Integrated Practices for Environmental Sustainability and Agricultural Productivity in Sudan Savannah Zone, Nigeria[J]. African Journal of Agricultural Research, 2010, 5(5): 338-343.
- [6] 项诚, 贾相平, 黄季赜, 等. 农业技术培训对农户氮肥施用行为的影响——基于山东省寿光市玉米生产的实证研究[J]. 农业技术经济, 2012, (9): 4-10.
- [7] 崔新蕾, 蔡银莺, 张安录. 农户减少化肥农药施用量的生产意愿及影响因素[J]. 农村经济, 2011, (11): 97-100.
- [8] 田云, 张俊飏, 何可, 等. 农户农业低碳生产行为及其影响因素分析——以化肥施用和农药使用为例[J]. 中国农村观察, 2015, (4): 61-70.
- [9] 蔡银莺, 余亮亮. 重点开发区域农田生态补偿的农户受偿意愿分析——武汉市的例证[J]. 资源科学, 2014, 36(8): 1660-1669.
- [10] 刘钦普, 林振山, 周亮. 山东省化肥使用时空分异及潜在环境风险评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(7): 208-214.

-
- [11]姚冠荣,刘桂英,谢花林.中国耕地利用投入要素集约度的时空差异及其影响因素分析[J].自然资源学报,2014,29(11):1836-1848.
- [12]张芳芳,赵雪雁.我国农户生计转型的生态效应研究综述[J].生态学报,2015,35(10):3157-3164.
- [13]乔蕻强,程文仕,岑国璋,等.黑河—石羊河流域不同生计类型的农户生计资产研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(2):32-37.
- [14]李 灿,张佰林,张凤荣.农户生计分化对农民新村建设的影响——基于山东沂水县农村的实证调查[J].农业现代化研究,2016,37(4):754-759.
- [15]赵雪雁,刘春芳,王学良,等.干旱区内陆河流域农户生计对生态退化的脆弱性评价——以石羊河中下游为例[J].生态学报,2016,36(13):4141-4151.
- [16]任国平,刘黎明,付永虎,等.基于 GWR 模型的都市城郊村域农户生计资本空间差异分析——以上海市青浦区为例[J].资源科学,2016,38(8):1594-1608.
- [17]李翠珍,徐建春,孔祥斌.大都市郊区农户生计多样化及对土地利用的影响——以北京市大兴区为例[J].地理研究,2012,31(6):1039-1049.
- [18]Singh P K, Hiremath B N. Sustainable Livelihood Security Index in a Developing Country: A Tool for Development Planning[J]. Ecological Indicators, 2010, 10(2): 442-451.
- [19]Hahn M B, Riederer A M, Foster S O. The Livelihood Vulnerability Index: A Pragmatic Approach to Assessing Risks from Climate Variability and Change: A Case Study in Mozambique[J]. Global Environmental Change, 2009, 19(1): 74-88.
- [20]赵雪雁.不同生计方式农户的环境影响——以甘南高原为例[J].地理科学,2013,33(5):545-552.
- [21]张丽琼,赵雪雁,郭 芳,等.黑河中游不同生计方式农户的水足迹分析[J].中国生态农业学报,2014,22(3):356-362.
- [22]程文仕,乔蕻强,韩国君.基于不同农户生计类型的生态压力研究[J].兰州大学学报(自然科学版),2015,51(5):699-704.
- [23]侯彩霞,赵雪雁,文 岩,等.不同生计方式农户的碳足迹研究——以黑河流域中游张掖市为例[J].自然资源学报,2014,29(4):587-597.
- [24]钟兴菊,龙少波.环境影响的 IPAT 模型再认识[J].中国人口·资源与环境,2016,26(3):61-68.
- [25]赵雪雁.生计方式对农户生活能源消费模式的影响——以甘南高原为例[J].生态学报,2015,35(5):1610-1619.
- [26]刘宝涛,郗瑞卿,王冬艳,等.基于灰色关联模型的吉林省土地利用系统健康诊断[J].中国农业资源与区划,2016,37(10):9-17.

[27] 丰军辉, 何 可, 张俊飏. 家庭禀赋约束下农户作物秸秆能源化需求实证分析——湖北省的经验数据[J]. 资源科学, 2014, 36 (3) : 530-537.