

农药减量：挖掘包装容量的秘密*

张露¹ 罗必良²

摘要：农药包装容量的信号显示功能和行为经济学意义，尚未得到充分重视。不同于已有研究主要关注土地经营规模和社会化服务等影响农户农药用量的因素，本文试图打开农药包装容量的“黑箱”，通过分析包装容量对农药用量的影响机理，揭示减少农药用量的新路径。研究结果表明：第一，农药大容量包装能够显著增加农户的农药用量。第二，农药包装容量的功能专用性、质量可靠性、储存风险性信号显示，通过作用于农户用药行为规范化程度影响农药用量。第三，气候变化感知增强、种植多元品种和采用新种植制度、劳动力转移、地块规模狭小，均可能显著增强大容量包装对农户农药用量的正向作用。第四，随着土地经营规模扩大，包装容量对农药用量的影响在初始阶段呈增强趋势，但当土地经营规模超过 16.667 亩的临界值后，包装容量对农药用量的正向作用出现衰减趋势。据此，本文认为优化包装容量是以市场手段促进小农户农药减量的重要举措。

关键词：农药包装 包装容量 农药用量 农药减量

中图分类号：F325.2 **文献标识码：**A

一、引言

在食品、饮料和烟草制品等产品的消费中，包装容量如何影响消费者的购买与使用行为决策，已经受到研究者一定程度的重视（Argo and White, 2012; Ittersum and Wansink, 2012）。例如，香烟每包 20 支的容量设计，有效兼顾了烟盒空间的合理利用与吸烟者对尼古丁依赖性的适度控制（Kirsten, 2020）。但已有文献对于产品包装容量和消费量之间关系的研究尚未达成一致结论。一方面，部分研究认为，采用大容量包装的产品，尤其是消费者熟悉品牌的产品，会促使消费者增加产品用量（Brian, 1996）。其逻辑在于，产品的包装容量越大，单位产品价格通常越低，消费者获取单位产品的交易成本也越低。这可能降低消费者对产品用量的敏感性，放松消费者个体的自我行为约束，扩大产品的市场容量。另一方面，部分研究认为，产品包装容量的增大并不必然使产品用量同步增长，甚至可能反向削减产品的用量（Rita et al., 2008; Eykelenboom et al., 2018）。其判断依据为，虽然大容量包装产

*本文研究受到国家自然科学基金应急管理项目“生态振兴促进农民农村共同富裕的实现路径研究”（编号：72141009）、国家自然科学基金面上项目“时空规律、形成机理与减量策略：长江经济带水稻种植化肥施用的空间经济学研究”（编号：42071157）的资助。感谢匿名评审专家对本文提出的修改意见，文责自负。本文通讯作者：罗必良。

品的单位产品价格通常更低，但是消费者购买时所支付的总价更高，消耗完产品所花费的时间更长，这可能增加消费者从一款产品到另一款产品的转换成本，从而抑制消费者对大容量包装产品的购买意愿。此外，产品的大容量包装尽管能够在短时间内增加消费者的使用量，但根据边际效用递减原则，消费者的使用量达到一定程度之后，无论是使用频率还是单次使用量，都可能出现不断降低的趋势。

包装容量之所以对消费者的产品用量产生不同的影响，原因大体可归结为以下 3 个方面：一是产品类型差异。产品根据购买的目的可分为消费品和工业品，其中消费品又可根据消费者购买行为特征细分为便利型产品、选购型产品、特制型产品和非渴求型产品。研究表明，相较于选购型和特制型产品，便利型产品的价格相对较低，而且购买频率相对较高，因此转换成本对产品用量的抑制效应被削弱，包装容量对这类产品用量更可能产生正向刺激作用（张峰等，2021）。二是消费者特征的差异。研究表明，年龄较大或受教育程度较高的消费者，可能具有较强的自我约束能力，因而他们的消费决策受到大容量包装诱导的可能性相对较低（廖理等，2015）。收入较高的消费者，可能对产品价格的敏感性更低、消费决策受到转换成本影响的程度也更小，为节省时间成本往往更倾向于购买大容量包装产品，且使用量受到包装容量影响的可能性更高（孙华和陈力勇，2014）。三是消费情境的差异。产品的消费情境通常在个体独立或多人分享、寻求实用价值或寻求享乐价值、尝试陌生品牌或重复熟悉品牌、压迫紧张氛围或轻松愉悦氛围等诸多维度上存在差异（Hirschman and Holbrook, 1982）。这些维度已被证实存在包装容量与产品用量的关系中存在强有力的调节效应，例如，当消费享乐型产品或者消费情境相对轻松愉悦时，大容量包装更可能促使产品用量增加（Brian, 1996），多人聚餐饮用大瓶可乐即这类情形。

总体来说，已有研究侧重于讨论面向消费者的最终消费品，尤其是食品包装容量对产品用量的影响（Aerts and Smits, 2017），鲜有研究探讨工业品包装容量对其用量的作用。之所以如此，是因为工业和服务业可以采取流水线作业，使得生产投入品具有标准化与精准化特征，因此生产投入品用量受到包装容量影响的概率极低。不同的是，农业生产具有高度的自然依赖性，要求生产者根据自然状况变动灵活决策，这使得农业生产的标准化面临天然约束，难以用统一的标准指导农户进行包括农药使用在内的生产行为决策。与之相关联，农业投入品的包装容量问题也未能受到应有的重视。事实上，已有专家呼吁化肥农药包装需要小型化。例如，王家业（1999）曾指出，在农资市场上，尿素普遍的包装容量是每袋 50 公斤，农药包装容量一般是 200ml、250ml、500ml 和 1000ml 等几种，这与农户较小的土地经营规模并不匹配，给农民使用化肥农药带来了诸多不便。

以小农户为主的家庭经营是中国农业经营的主要形式，这决定了小农户是农药减量的关键主体。尽管早在 2015 年原农业部就出台了《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》^①，但过量喷洒农药的现象依然普遍存在。联合国粮农组织（FAO）数据库显示，中国农药用量从 1990 年的 77.54 万吨增至 2019 年的 177.37 万吨，1990—2019 年，中国平均每公顷农药用量是世界平均每公顷农药用量的 4.70

^①参见《农业部关于印发〈到 2020 年化肥使用量零增长行动方案〉和〈到 2020 年农药使用量零增长行动方案〉的通知》，http://www.moa.gov.cn/nybgb/2015/san/201711/t20171129_5923401.htm。

倍，分别是美国和德国平均每公顷农药用量的 4.43 倍和 3.40 倍^①。当然，病虫害统防统治专业化服务的蓬勃发展，也可能降低自行喷洒农药农户的比例。然而根据测算表明，2020 年中国水稻、小麦、玉米三大粮食作物的病虫害统防统治覆盖率仅为 41.9%；2020 年中国农药利用率为 40.6%，仅比 2015 年提高 4 个百分点，还有待进一步提高^②。为此，已有研究提出规范农户农药使用行为的具体策略：一是技术改进策略，包括使用生物农药替代传统农药以降低成分毒性、改善施药工艺以减少用药损耗等（张露和罗必良，2022）；二是行为激励策略，主要通过传播绿色理念和强化经济激励纠正农药滥用行为（王常伟和顾海英，2013）；三是组织化生产策略，包括通过培育新型经营主体（蔡荣等，2019）、扩大土地经营规模和鼓励生产性服务外包（张露和罗必良，2020）等促进农药减量。然而，已有研究相对忽视包装容量对农药用量的影响。本文试图打开农药包装容量的“黑箱”，通过分析包装容量影响农药用量的作用机理，揭示减少农户农药用量的新路径。

本文的边际贡献在于：第一，不同于已有研究从政府补贴或者规模经营视角讨论农药减量问题，本文关注包装容量对农药用量的影响机理。第二，不同于已有研究聚焦消费品，讨论包装容量对产品用量的影响，本文以农药为例，揭示工业品包装容量对小农户生产投入行为的影响。第三，本文揭示农药包装容量所隐含的“功能专用性、质量可靠性、储存风险性”信号显示功能，可丰富农药用量行为研究的文献。第四，本文将包装容量对农药用量的影响，分别置于气候、作物品种、劳动力和土地等关联要素变动的情形中进行考察，可深化对“包装容量—农药用量”关系的认识。

二、包装容量与农药用量：机理分析

（一）包装容量的本质：信号显示

在市场交易中，供给方和需求方之间存在明显的信息不对称。对农资生产商或供应商而言，农药的质量等级、真实价值和单次最优用量等均属于私有信息。知识的有限性约束着农户的质量甄别能力（主要指对农药经销商资质、药物质量与性能等的鉴别能力）和用量判断能力，小批量的购买模式约束着农户的议价能力，于是信息不对称可能导致逆向选择和道德风险（王玉霞和唐志军，2008）。而产品包装通常具有极强的信号显示功能。其中，包装外观设计的质量可靠性信号显示与包装材质选择的环境友好性信号显示等已得到充分讨论（Han et al., 2018；柳武妹等，2020），相对被忽略的是，包装容量也是包装设计的重要内容。一般来说，包装容量对农药使用者（即农户）的信号显示功能主要在于以下几个方面。

1. 功能专用性信号显示。以虫害防治为例，不同害虫的生活习性有差异，即使是同一种害虫，由于其所处的生长发育阶段不同，对不同农药或同种农药的反应也不一样，农药的防治效果存在差异。不仅如此，农作物生长的温度、湿度、降水、光照、风力、土壤等环境因素，也直接影响着害虫的生

^①数据来源：FAO 数据库，<https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>。

^②数据来源：《化肥农药使用量零增长行动目标顺利实现 我国三大粮食作物化肥农药利用率双双达 40%以上》，http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/202101/t20210117_6360031.htm。

理活动和农药性能的发挥。所以，农药的专用性特征意味着，改变农药的防治对象、施药时机和施药技术，会产生不同的防治效果（周曙东和张宗毅，2013）。相较于小容量包装的农药，大容量包装的农药更容易引发农户对农药特性的误解，要么误以为其毒性较低而加大农药使用量，要么误以为其具有“通用性”而将农药用于多种作物或多种病虫害，导致农药过量使用或病虫害防治效果欠佳。

2.质量可靠性信号显示。衡量农药质量的标准主要为有效成分含量、粉剂类农药的粉剂细度和容重、烟剂类农药的成烟率等^①。这类信息具有较强的隐蔽性，使得各类农业经营主体，特别是小农户，需要付出一定的农药质量甄别成本，甚至面临农药质量安全风险（薛彩霞，2022）。又因为农药质量影响农产品产量与农业经营收益，农户通常会寻找可识别的线索以辅助其甄别农药质量。其中，直观呈现在农户面前的包装容量，就是农户判断农药质量的重要有形线索。访谈调查显示，农户普遍倾向于认为，小容量包装农药的有效活性成分比大容量包装的农药含量更高。事实上，从日常的观察与感知中可以发现，对于同一类品牌的消费品，消费者对小容量包装产生的感知质量往往高于大包装。

3.储存风险性信号显示。农药储存主要存在以下风险：一是功能风险，农药的储存对温度、湿度和光照等均有较为严格的要求，储存方式不当可能加速农药的分解、挥发或变质，导致药品失效。二是环境风险，从现阶段农民使用的农药种类来看，生物制剂农药所占份额极为有限，被广泛使用的农药仍是化学制剂。化学农药储存不当可能会破坏农民的生产和生活环境，例如污染水源、粮食或饲料等。三是健康风险，农药长期储存或储存方式不当可能加剧老人和儿童等群体误触误食农药的风险（李红梅等，2007）。与大容量包装相比，小容量包装的农药用完的预期时间更短、长期储存的可能性更低，因此其在储存方面所传递的功能风险、环境风险与健康风险等风险信号更弱。

（二）包装容量影响农药用量的内在逻辑

Brian（1996）对免费直饮水和收费瓶装水使用进行比较分析发现，相较于免费直饮水，包装容量对收费瓶装水使用的影响更为显著。这说明决策主体对单位产品的成本感知是包装容量作用于产品用量的重要机制变量。然而，不仅商品产权界定和交易会产生产成本，产权的维护和实施也会产生相应的成本（Williamson，1985）。本文考察包装容量隐含的功能专用性、质量可靠性、储存风险性信号显示，对产权转移成本（即采购成本）与产权实施成本（即使用成本）的影响，揭示包装容量通过作用于农户用药行为规范化程度影响农药用量的理论机理。

1.大容量包装减弱农户的采购成本感知。农药采购成本主要包括货币成本和非货币成本，其中货币成本为购买农药直接支付的货币总额。对正价商品而言，由于商品定价遵循“量大从优”原则（即“数量折扣”逻辑），因此依照“大包装、低单价”的刻板印象，农户易于对包装容量更大的农药产品产生低价感知。进一步地，农药是实现作物稳产增产的重要生产要素，Schreinemachers and Tipraqsa（2012）发现每公顷耕地农药用量增加1.8%，作物产量可以增长1%。但是由于农药在质量和价格等方面存在信息不对称，农户在购买农药时，还需要付出一定的非货币成本，例如农药质量甄别成本、议价谈判成本等。因此，大容量包装不仅意味着农药的单位产品价格更低，而且意味着相关的交易费

^①资料来源：《农药质量标准概述》，http://www.crmch.com/HTML_News/news_594.html。

用更低，所以大容量包装能够降低农户的农药采购总成本感知。

2. 大容量包装增强农户的使用成本感知。使用成本指在使用产品或服务的过程中付出的成本，包括操作学习、运行维护、储存管理等方面的成本。在农药喷洒中，使用成本受到农药水分配比、用药劳动强度、喷洒技术难度、储存便利性和安全性等因素的影响。而包装容量可能通过影响用药劳动强度作用于农户对使用成本的感知：一方面，当农药的包装容量较大时，其可用总量和可使用次数增加，这使农户记录农药用量和施药时间的劳动投入增加，形成用药情况精准记忆的难度更大。另一方面，农药包装容量越大，包装的开口可能也越大，农户使用农药时精准量取所需用量的劳动投入也会增加，由此易于导致过量使用。此外，由于单次购买量过多，还可能产生农药长期储存的空间占用成本、为维护储存安全性的额外劳动投入等。可以认为，包装容量的增大可能增强农户对农药的使用成本感知。

3. 低采购成本抑制农户的规范用药行为。用药行为的规范性一方面表现为用药量取的精准性和用药记录的完备性，例如是否严格按照说明书规定的用量和次数喷洒，是否对用药的天气和时间进行记录等；另一方面表现为剩余药品处置的合理性和施药设备清洁保存的正确性，例如是否将未用完的农药继续喷洒在作物上直至用完为止，是否选择公共水源清洗喷洒设备等（关桓达等，2012；杜江等，2016）。通常来讲，购买者对产品的稀缺性感知或采购成本感知越低，越难以激发其对产品审慎规范的使用行为。Brian（1996）将等量的食用油分别置于可满装的小瓶和仅半满的大瓶中开展行为实验，发现使用小瓶和大瓶的两组研究对象对食用油的用量存在显著差异，小瓶使用者的用量更低，且该结果在不同类型产品的测试中均表现出稳健性。以此类推，小容量包装的农药采购成本较高，更可能激发农户“精准量取用药剂量”的行为，避免过量使用与滥用农药现象。

4. 高使用成本抑制农户的规范用药行为。同直接产生货币支出的采购成本不同，在大量农业劳动力转移、留守劳动力弱质化的情形下，使用成本的增加可能产生对农民规范用药行为的抑制效应（张倩等，2019）。因为农药喷洒不仅要求穿戴防护用品，而且兑水后的药剂重量骤增，因此喷药作业的劳动强度较高。农村的老龄和女性劳动力，既无力承担高强度的农业劳动，也难以掌握足够的农业生产技术（吴惠芳和饶静，2009）。例如，老龄和女性劳动力往往缺乏精准施肥用药、科学储存剩余农药的知识。在此情形下，大容量包装导致农药量取精准性存在障碍、长期储存成本和保管风险增加，可能进一步弱化农户的规范用药行为，使农民出现为了降低储存成本或体力消耗等使用成本而随意用药的现象。

综上，大容量包装农药所隐含的弱功能专用性信号显示、弱质量可靠性信号显示、强储存风险性信号显示，可能造成农户对农药的低采购成本感知与高使用成本感知，抑制其用药行为的规范化程度，产生高农药用量问题（如图1所示）。基于以上分析，本文提出假说1和假说2。

H1：大容量包装的信号显示会增加农户的农药用量。

H2：包装容量通过影响农户用药行为规范化程度作用于农药用量。

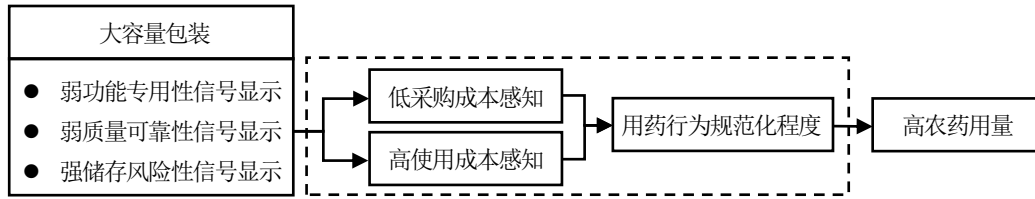


图1 大容量包装造成高农药用量的理论逻辑

（三）包装容量影响农药用量的情境分析

农药的种类多样，中国食品安全国家标准中界定的农药就多达 433 种^①。于是，农药的合理选择和使用方式的掌握，对农户的能力要求更高，而且气候变化感知、种植类型、劳动力转移和土地经营规模等多个方面的影响因素变动，使得包装容量对农户用药行为决策的影响趋于复杂。

1.包装容量、气候变化感知与农药用量。在气候等自然条件相对稳定的情境下，农户尚可基于经验性知识应对农业生产中的病虫害问题。然而随着气候变化加剧，病虫害的发生概率增加、危害性增强，突出表现为气候变暖使害虫繁殖力增强、发育期缩短、暴发时间提前且周期延长，同时出现向高纬度地区蔓延的趋势（Tudi et al., 2021）。Wang et al.（2022）的研究指出，1970 年以来中国病虫害发生率呈显著上升趋势，其中气候变化导致的病虫害发生率每年上升约 3%。而气候变化所引致的病原体和害虫变异，还可能导致农户的经验性知识难以有效辅助用药决策。农户用药决策时的风险预期增加，会倾向于选购大容量包装的农药，以增加农药用量，降低减产风险。基于以上分析，本文提出研究假说 3。

H3：强气候变化感知会增强大容量包装对农药用量的促进作用。

2.包装容量、种植类型与农药用量。种植类型主要包括种植作物品种与种植制度两方面。从种植作物品种数量来看，在种植作物品种相对单一时，农户所需要应对的病虫害类型就相对较少，通过使用经验性知识，加之基层农技部门的指导，基本能够开展有效的病虫害防治。然而随着种植作物品种数量的增加，作物可能发生的病虫害类型增多，用药的不确定性也随之增强。当用药决策的知识需求超出农户经验性知识范围时，农户可能出现盲目用药和过量用药行为（李昊等，2017）。从种植制度来看，相较于常规的种植制度（例如双季稻种植），农户因缺乏对新种植制度（例如再生稻种植）的认知，难以把握新种植制度下的最优农药用量。部分农户甚至可能为降低新种植制度的高风险预期，而采购大容量包装农药并增大农药用量以降低作物种植风险。基于以上分析，本文提出研究假说 4 和假说 5。

H4：种植多元品种作物会增强大容量包装对农药用量的促进作用。

H5：采用新种植制度会增强大容量包装对农药用量的促进作用。

3.包装容量、劳动力转移与农药用量。进城务工相对更高的工资率吸引了大量农业劳动力非农转移，由此对农业生产产生两方面的影响：一是从事农业生产的老龄和女性劳动力增加。第一次和第三

^①数据来源：《农药残留新国标发布 限量标准增至 4140 个》，http://www.gov.cn/xinwen/2016-12/28/content_5153847.htm。

次全国农业普查报告的数据显示，1996年超过劳动年龄的农业劳动力占比为9.86%，2016年55岁以上农业劳动力占比为33.60%；1996年女性农村从业人员占比为41.56%，2016年女性农业生产经营人员占比为47.5%^①。可见，我国农业劳动力结构已经出现了重要变化，呈现出越发明显的劳动力老龄化与女性化态势。农业劳动力中的老年人与妇女占比的增加，不仅造成高强度的农业生产活动无人承担，而且阻滞科学规范种植模式的推广运用。二是农户对包括农业生产收入在内的经营性收入的依赖性不断降低。农户经营性收入占家庭可支配收入的比重从2000年的63.67%下降至2020年的35.47%，工资性收入和转移性收入之和的占比则从2000年的34.53%增加至2020年的62.08%^②。这表明可用于投入农业生产的资本条件显著改善，于是农户对农药等生产要素价格的敏感性下降（王建华等，2016）。由此，劳动力转移可能促使农户形成对大容量包装农药的偏好，并强化包装容量对过量用药行为的作用。基于以上分析，本文提出研究假说6。

H6：劳动力转移会增强大容量包装对农药用量的促进作用。

4.包装容量、土地经营规模与农药用量。土地经营规模主要包括农户家庭经营的土地总面积与平均地块面积。在农地“均包制”背景下，小农户的土地经营规模相对有限，2020年户均耕地面积仅为7.8亩（韩杨，2022），难以达到无人机等智能化农药喷施设备作业的经营规模门槛，无法共享现代科技进步对生产效率改进的积极效益。不仅如此，农地的“均包制”还造成农户经营地块分散且狭小，农户准确记录用药时间和用药剂量的难度增加，难以实施科学规范的用药模式。土地经营规模达到雇用机械或购置机械规模门槛的农户，机械化和标准化的农药喷施作业会降低甚至消除包装容量对生产投入的影响。所以小容量包装的农药减量效应存在土地经营规模阈值，农户的农药用量与土地经营规模呈倒U型关系。而狭小且分散的地块使农地产权实施成本增加，可能与大容量包装造成的农药实施成本增加形成叠加效应，强化农户的不规范用药行为，使得农药用量大幅增加。基于以上分析，本文提出研究假说7和假说8。

H7：包装容量对农户农药用量的影响与家庭经营规模呈倒U型关系。

H8：地块规模狭小会增强大容量包装对农药用量的促进作用。

三、数据、变量与计量模型

（一）数据来源

本文数据来源于课题组2021年6~7月份在湖北省的农户问卷调查。课题组在湖北省江汉平原水稻主产区开展抽样调查，调查区域包括枝江市、潜江市、仙桃市、洪湖市、蕲春市、武穴市、京山市、

^①第一次农业普查报告数据来源于《关于第一次全国农业普查快速汇总结果的公报（第三号）》，http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/nypcgb/qgnypcgb/200203/t20020331_30458.html；第三次农业普查报告数据来源于《第三次农业普查主要数据公报（第五号）》，http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/nypcgb/qgnypcgb/201712/t20171215_1563599.html。“超过劳动年龄”是指男性60岁及60岁以上，女性55岁及55岁以上。

^②数据来源：国家统计局官方网站，<https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>。

钟祥市、沙洋县和新洲区^①。2020年湖北省农药使用量为9.31万吨，其中10个样本县（市、区）所在地级市农药使用量之和为5.62万吨，占湖北省农药使用量的60.37%^②。调查具体过程如下：首先，在每个样本县（市、区）随机抽取2~3个样本乡镇；然后，在每个样本乡镇随机抽取2~3个行政村作为样本村；最后，在每个样本村随机抽取不少于25户样本农户开展问卷调查。本次调查共发放问卷1551份，剔除关键信息缺失的问卷后，获得有效问卷1360份。

样本农户户主个体特征、家庭生产经营特征和农药购买使用特征如表1所示。样本农户户主个体特征方面，户主以男性居多，占比为97.21%，且户主就业类型以务农为主。样本农户户主政治面貌为党员的有9.78%，户主主要集中分布在51~60岁年龄段，80%以上的样本农户户主受教育程度处于初中及以下。家庭生产经营特征方面，样本农户中，家庭农业劳动力个数为2人的农户占比为61.47%，土地经营规模在10亩及以下的农户占比为52.35%，说明此次调查对象以小农户为主。最大地块面积在5亩及以下的农户占比为67.57%，符合当前农户家庭经营面积相对狭小的现实。51.40%的样本农户家庭经营性收入在5万元及以下。在农药购买使用方面，样本农户倾向于购买包装容量为50~500ml的农药，其占比高达77.86%，农户单位面积农药使用量在1kg/亩及以下的占比最高，为41.69%。

表1 样本农户户主个体特征、家庭生产经营特征和农药购买使用特征

变量	分组	频数	比例 (%)	变量	分组	频数	比例 (%)
户主性别	男	1322	97.21	户主政治面貌	党员	133	9.78
	女	38	2.79		非党员	1227	90.22
户主年龄	40岁及以下	25	1.83	户主受教育程度	小学及以下	381	28.02
	41~50岁	119	8.75		初中	822	60.44
	51~60岁	764	56.18		高中/中专/中职	128	9.41
	60岁以上	452	33.24		本科及以上	29	2.13
户主就业类型	非农就业	64	4.71	加入合作社情况	已加入合作社	240	17.65
	兼业	133	9.78		未加入合作社	1120	82.35
	务农	1163	85.51	土地经营规模	面积≤5亩	310	22.79
农业劳动力个数	1人	309	22.72		5亩<面积≤10亩	402	29.56
	2人	836	61.47		10亩<面积≤15亩	183	13.46
	3人	100	7.35		15亩<面积≤20亩	134	9.85
	4人	85	6.25		20亩<面积≤50亩	240	17.65
	5人及以上	30	2.21		面积>50亩	91	6.69

^①湖北省地处长江经济带，是中国重要的水稻种植区。位于湖北省中南部的江汉平原，是全国主要水稻产区。根据国家统计局数据，2020年湖北省稻谷播种面积228.07万公顷，总产量1864.34万吨，占全国稻谷总产量的8.80%。数据来源：国家统计局官方网站，<https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=E0103>。

^②数据来源：湖北省统计局官方网站，<https://tjj.hubei.gov.cn/tjsj/Sjksx/tjnj/qstjnj/>。

(续表 1)

最大地块面积	面积≤5 亩	919	67.57	家庭经营 性收入	收入≤2 万元	379	27.87
	5 亩<面积≤10 亩	346	25.44		2 万元<收入≤5 万元	320	23.53
	10 亩<面积≤15 亩	69	5.07		5 万元<收入≤10 万元	287	21.1
	15 亩<面积≤20 亩	17	1.25		10 万元<收入≤15 万元	304	22.35
	面积>20 亩	9	0.66		收入>15 万元	70	5.15
农药包装容量	容量≤10ml	6	0.44	农药使用 量	用量≤1kg/亩	567	41.69
	10ml<容量≤50ml	281	20.66		1kg/亩<用量≤2kg/亩	442	32.5
	50ml<容量≤100ml	474	34.85		2kg/亩<用量≤3kg/亩	184	13.53
	100ml<容量≤500ml	585	43.01		3kg/亩<用量≤4kg/亩	51	3.75
	容量>500ml	14	1.03		用量>4kg/亩	116	8.53

(二) 变量选取

1.被解释变量。本文被解释变量为农药使用量，用农户单位面积农药使用量来衡量。考虑到不同品种作物的农药使用量存在显著差异，本文仅考察农户在水稻种植过程中的农药使用量。

2.核心解释变量。本文核心解释变量为农药包装容量，用农户购买农药包装的容量大小来衡量。进一步地，为了解决可能存在的内生性偏误，借鉴梁志会等（2020）的做法，本文选取地形作为工具变量。因为山区地形崎岖，交通不便，地处偏远山区的农户可能倾向于购买大容量包装的农资产品以减少购买次数，所以地形是农户选择农药包装容量的影响因素，满足工具变量的相关性条件。同时，地形作为外生的自然地理条件，不会直接影响农户农药使用量，符合工具变量的外生性条件（张露和罗必良，2021）。

3.控制变量。为避免遗漏变量导致模型估计偏误，本文引入反映样本农户户主个体特征、家庭农业经营特征和村庄特征的 3 组控制变量。户主个体特征具体包括户主性别、户主年龄、户主受教育程度、户主政治面貌、户主就业类型等；家庭农业经营特征包括样本农户家庭的农业劳动力个数、土地经营目标、经营土地来源、农田宜机化程度、机械施药、地块离家距离、地块肥力、病虫害情况、加入合作社情况和家庭经营性收入等；村庄特征包括村庄土壤类型、农药平均单价和村庄公路干线距离等。此外，对于村庄之间的不可观测因素，本文引入村庄虚拟变量，控制村庄层面的固定效应。

4.机制变量。如前文所述，大容量包装所产生的高使用成本感知可能抑制农户的规范用药行为，造成高农药用量。在农户普遍开展兼业经营的情形下尤其如此。于是，本文选取用药行为规范化程度作为机制变量。2007 年原农业部制定的《农药安全使用规范总则》要求“每次施药应记录天气状况、作物种类、用药时间、药剂品种、防治对象、用药量、兑水量、喷洒药液量、使用面积、防治效果、安全性”^①。据此，本文用农户用药过程所记录的信息种类数对用药行为规范化程度进行测度，信息种类与《农药安全使用规范总则》一致。

此外，考虑到不同情境下包装容量对农户农药使用量存在异质性影响，本文选取气候变化感知、

^①资料来源：《农药安全使用规范总则》，<http://down.foodmate.net/standard/yulan.php?itemid=28161>。

种植类型（包含水稻品种数和水稻种植制度变量）、劳动力转移、土地经营规模（包含家庭经营规模和平均地块规模变量）等4类变量分别作为调节变量。具体变量定义、赋值与描述性统计见表2。

表2 变量定义、赋值与描述性统计

变量	变量定义和赋值	均值	标准差
农药使用量	水稻生产每亩地实际农药投入量 (kg/亩)	1.995	3.443
包装容量	农户家庭购买农药包装容量大小 (ml)	151.852	121.776
地形	农户住宅所在的地形, 河边=5, 开阔的平地=4, 山谷=3, 半山腰=2, 山顶=1	3.896	0.476
户主性别	户主性别, 男=1, 女=0	0.972	0.165
户主年龄	2020年户主实际年龄 (岁)	59.450	8.349
户主受教育程度	户主实际受教育年限 (年)	7.387	2.804
户主政治面貌	户主政治面貌, 党员=1, 非党员=0	0.098	0.297
户主就业类型	户主就业类型, 务农=3, 兼业=2, 非农就业=1	2.808	0.499
机械施药	是否使用无人机等设备机械化施药, 是=1, 否=0	0.157	0.364
农业劳动力个数	农户家庭农业劳动力数量 (个)	2.002	1.040
土地经营目标 ^a	追求产量最大生产型=4, 追求体面幸福生活型=3, 拓展多元价值功能型=2, 自给自足生活型=1	2.415	1.423
经营土地来源	全部为转入土地=3, 部分土地为自家, 部分土地为转入=2, 全部为自家承包经营的土地=1	1.169	0.525
农田宜机化程度	农户家庭田间道路是否适合机械通行, 是=1, 否=0	0.892	0.311
地块离家距离	2020年经营面积最大地块到农户住宅的距离 (公里)	0.592	0.646
地块肥力	面积最大的水田土壤肥力, 好=3, 一般=2, 差=1	2.216	0.577
病虫害情况	农户家庭农田病虫害暴发是否更频繁, 是=1, 否=0	0.253	0.435
加入合作社情况	是否加入合作社, 是=1, 否=0	0.176	0.381
家庭经营性收入	2020年农户家庭经营性收入 (万元)	6.308	4.996
村庄土壤类型	壤土=3, 黏土=2, 砂土=1	2.704	0.679
农药平均单价	当地农药平均价格 (元/kg)	88.045	55.333
村庄公路干线距离	村庄离最近公路干线距离 (公里)	18.578	11.380
用药行为规范化程度	农户使用农药过程所记录的信息种类数 (条)	0.053	0.483
气候变化感知	根据生活经验, 农户是否会感觉到极端温度越来越高, 会=3, 不确定=2, 不会=1	2.419	0.626
水稻品种数	2020年农户家庭种植水稻品种数量 (种)	1.040	0.195
水稻种植制度	2020年面积最大地块所采用的水稻种植制度, 3=再生稻, 2=双季稻, 1=单季稻	1.167	0.514
劳动力转移	2020年农户家庭非农劳动力占比 (%)	28.801	29.480
家庭经营规模	2020年农户种植水稻的耕地面积 (亩)	19.440	36.435
平均地块规模	家庭经营总耕地面积除以经营耕地块数 (亩)	4.091	3.930

注：^a土地经营目标变量的定义和赋值方法参考了张露和罗必良（2020）的做法。

根据样本各变量数值大小与该变量样本均值比较的情况，对样本农户分组并设置虚拟变量 D（“0—1”变量），比较不同分组样本农户的农药包装容量均值（见表3）。由组间均值差异可以发现下列基本事实：①户主受教育程度高、户主具有党员身份、户主以务农为主业、采用机械施药、农业劳动力个数多、加入合作社的农户，更倾向于购买大容量包装农药。②经营土地来源以转入土地为主、病虫害情况严重的农户，倾向于购买大容量包装的农药。

表3 不同特征变量分组农户购买农药包装容量的组间均值差异

分组依据	农药包装容量均值 (D=0) (1)	农药包装容量均值 (D=1) (2)	组间均值差异 (3)
户主性别	142.105	152.132	-10.027
户主年龄	154.330	147.381	6.949
户主受教育程度	158.743	140.295	18.448***
户主政治面貌	174.398	149.408	24.990**
户主就业类型	155.257	131.751	23.506**
机械施药	156.922	124.549	32.373***
农业劳动力个数	190.647	144.568	46.079***
经营土地来源	125.616	154.815	-29.199***
农田宜机化程度	157.041	151.223	5.817
地块离家距离	148.721	152.929	-4.208
病虫害情况	139.554	180.852	-41.298***
加入合作社情况	156.013	132.433	23.580***
家庭经营性收入	150.724	153.252	-2.528

注：①***和**分别表示 1%和 5%的显著性水平。②表中，户主性别、户主政治面貌、机械施药、农田宜机化程度、病虫害情况、加入合作社情况均为“0—1”变量，D 取原值。户主年龄、户主受教育程度、农业劳动力个数、地块离家距离、家庭经营性收入根据样本变量数值大小与该变量样本均值比较情况进行分组，以户主年龄为例，若样本户主年龄大于样本均值 59.45，则户主年龄对应的虚拟变量 D 取值为 1，否则 D 取值为 0。户主就业类型按照是否务农进行分组赋值，务农赋值为 1，否则赋值为 0。经营土地来源按照是否转入土地赋值，转入土地农户赋值为 1，否则赋值为 0。③（1）列为对应虚拟变量 D=0 的样本农户农药包装容量均值，（2）列为对应虚拟变量 D=1 的样本农户农药包装容量均值，（3）列均值差异数值计算为（1）-（2）。

（三）模型选择

1.包装容量对农户农药使用量的影响。考虑到村庄异质性因素会影响农户农药使用，本文采用控制村庄虚拟变量的回归模型，并在控制其他因素的前提下，重点考察农药包装容量对农户农药使用量的影响。具体估计方程如下：

$$Pesticides_i = \alpha_0 + \alpha_1 Size_i + \alpha_2 Controls_i + \mu_n + \varepsilon_i \quad (1)$$

（1）式中，被解释变量 $Pesticides_i$ 为农户 i 的农药使用量； $Size_i$ 为本文核心解释变量农药包装容量，表示农户 i 购买的农药包装容量大小； $Controls_i$ 表示一系列影响农户农业生产且与农户农药

使用直接相关的特征变量，旨在尽可能减少变量遗漏所引致的内生性偏误； μ_n 和 ε_i 分别表示村庄虚拟变量和随机误差项。估计系数 α_1 为本文关注的核心参数，表示农药包装容量对农户农药使用量的边际效应。若 α_1 为正，表明包装容量变大会增加农户农药使用量；若 α_1 为负，则表明包装容量变大会减少农户农药使用量。 α_2 表示一系列特征变量对应的待估系数。

一般来说，解决内生性问题是研究农户行为决策的重要挑战。同样，本文的回归也可能出现内生性偏误问题：一是遗漏变量偏误。农药包装容量与农户农药使用行为决策之间可能遗漏一些不可观测变量的影响，比如，高度依赖化学投入品的农户倾向于购买大包装农药、化肥等，采取“一炮轰”的使用方式来简化田间管理（刘凤芹，2006）。二是样本自选择偏误。农户选择购买农药包装容量大小不是随机的，而是根据可观测的其自身禀赋与不可观测的特质等因素而“自选择”的结果。例如，农业生产经营能力越高的农户越倾向于购买适当包装容量的农药等化学投入品，进行科学规范施药以减少农药等过量使用行为。这可能导致（1）式估计系数有偏，低估农药包装容量对农户农药使用的促进作用。

显然，工具变量法是解决上述内生性偏误的有效方法。为此，本文选取农户居住地的地形作为包装容量的工具变量进行实证分析。该工具变量的合理性在于，地形是外生的，仅与农户农药购买的便利程度有关，而不影响农户的农药使用行为。显然，在其他条件不变的情况下，农户家庭所居住的地形越不平坦，农户购买大包装容量农药的可能性也就越高。相反，农户购买农药等化学投入品越便利，就越倾向按需购买农资，家庭购买大包装容量农药的可能性就越低。两阶段工具变量模型设定如下：

$$Size_i = \gamma_0 + \gamma_1 IV_i + \gamma_2 Controls_i + \mu_{n1} + \varepsilon_{i1} \quad (2)$$

$$Pesticides_i = \alpha'_0 + \alpha'_1 Size_i + \alpha'_2 Controls_i + \mu_{n2} + \varepsilon_{i2} \quad (3)$$

（2）式和（3）式中， IV_i 为工具变量，表示农户 i 住宅所在的地形， μ_{n1} 、 μ_{n2} 表示农户所在村庄的虚拟变量， ε_{i1} 、 ε_{i2} 表示随机误差项， γ_0 、 γ_1 、 γ_2 、 α'_0 、 α'_1 和 α'_2 为待估系数，其他变量和系数设定与（1）式一致。

2. 包装容量影响农户农药使用量的作用机制。为了进一步探究农药包装容量对农户农药使用的具体影响机制，本文结合前文（1）式控制村庄虚拟变量的回归模型，借鉴 Heckman et al.（2013）的做法，首先，构建机制变量 M_i 与核心解释变量 $Size_i$ 的回归模型，以检验包装容量对用药行为规范化程度的影响；其次，构建农户农药使用量 $Pesticides_i$ 与机制变量 M_i 的回归模型，来考察包装容量对农户农药使用量的作用机制。具体模型如下：

$$M_i = \beta_0 + \beta_1 Size_i + \beta_2 Controls_i + \mu_{n'} + \varepsilon_i' \quad (4)$$

$$Pesticides_i = \alpha + \eta Size_i + \kappa M_i + \theta Control_i + \mu_{n''} + \varepsilon_i'' \quad (5)$$

（4）式和（5）式中， M_i 为本文关注的机制变量，选取用药行为规范化程度这条作用渠道，考察包装容量对农户农药使用量影响的作用机制。 β_0 、 β_1 、 β_2 、 α 、 η 、 κ 和 θ 均为待估系数， $\mu_{n'}$ 、 $\mu_{n''}$ 表示农户所在村庄的虚拟变量， ε_i' 、 ε_i'' 表示随机误差项，其他变量和系数设定与（1）式一致。

3. 不同情境下包装容量对农户农药使用量的异质性影响。前文理论分析表明不同情境下包装容量

对农户农药使用量的影响存在异质性。基于此，本文参考 He et al. (2020) 的做法，在 (1) 式的基础上，引入气候变化感知、种植类型（包含水稻品种数和水稻种植制度变量）、劳动力转移、土地经营规模（包含家庭经营规模和平均地块规模变量）等 4 类变量，并将 4 类变量分别与核心解释变量包装容量（即 $Size_i$ ）相乘生成交互项，进行异质性分析。具体模型设定如下：

$$Pesticides_i = \theta_0 + \theta_1 Size_i \times Heterogeneity_i + \theta_2 Size_i + \theta_3 Heterogeneity_i + \theta_4 control_i + \mu_n + \varepsilon_i \quad (6)$$

(6) 式中， $Heterogeneity_i$ 表示导致包装容量对农药使用量的处理效应呈现异质性的变量，包括气候变化感知、水稻品种数、水稻种植制度、劳动力转移、家庭经营规模和平均地块规模，交互项 $Size_i \times Heterogeneity_i$ 的估计系数 θ_1 反映的是在气候变化感知、水稻品种数、水稻种植制度、劳动力转移、家庭经营规模和平均地块规模的变化下包装容量对农药使用量影响的异质性， θ_0 、 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 和 θ_4 为待估系数，其他变量和系数设定与 (1) 式一致。

四、模型估计结果与分析

(一) 基准回归结果

表 4 汇报了包装容量对农户农药使用量的模型回归结果。其中，回归 1 结果显示，在未控制户主个体特征变量、家庭农业经营特征变量、村庄特征变量的情况下，包装容量对农户农药使用量具有显著的促进作用。包装容量每增加 1ml，农户平均每亩农药使用量增加 0.003kg。由回归 2 和回归 3 结果可知，当控制户主个体特征和家庭农业经营特征以缓解遗漏变量偏误后，包装容量系数估计结果分别为 0.040 和 0.034，明显大于回归 1 的估计结果，这说明若不考虑户主个体与家庭等因素的作用，则会低估包装容量对农药使用量的影响。回归 4 进一步控制村庄特征变量后，包装容量对农户农药使用量的影响同回归 3 基本一致，且核心变量系数大小也未随着更多特征变量的加入而大幅变化。H1 得以验证。根据系数稳定性原理，笔者认为回归 4 已控制的特征变量已经解决了大部分由可观测变量引发的选择性偏误。因此，本文将回归 4 的结果作为基准回归结果进行分析。

表 4 包装容量对农户农药使用量影响回归结果

变量	农药使用量							
	回归 1		回归 2		回归 3		回归 4	
	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误
包装容量	0.003***	-0.001	0.040***	0.016	0.034***	0.013	0.034**	0.015
户主性别			-0.092	0.396	-0.265	0.393	-0.592*	0.329
户主年龄			-0.032***	0.010	-0.029***	0.009	-0.014	0.009
户主受教育程度			-0.014	0.027	-0.007	0.029	-0.003	0.027
户主政治面貌			-0.462**	0.198	-0.500**	0.202	-0.463**	0.193
户主就业类型			-0.190	0.188	-0.106	0.185	-0.040	0.165
机械施药					-0.324*	0.187	-0.542***	0.174

(续表 4)

农业劳动力个数			0.068	0.104	0.196**	0.097		
土地经营目标			0.122**	0.061	0.141**	0.071		
经营土地来源			0.021	0.225	-0.0004	0.201		
农田宜机化程度			-1.354***	0.277	-0.490**	0.247		
地块离家距离			0.233	0.150	0.293**	0.133		
地块肥力			0.058	0.163	-0.140	0.152		
病虫害情况			0.428**	0.184	0.176	0.171		
加入合作社情况			-0.485**	0.232	-0.727***	0.210		
家庭经营性收入			0.0001	0.002	0.002	0.002		
村庄土壤类型					0.157	0.158		
农药平均单价					-0.025***	0.002		
村庄公路干线距离					0.034***	0.007		
村庄虚拟变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制		
常数项	1.802***	0.244	2.994***	0.833	0.832	1.021	2.281**	0.939
R ²	0.251		0.255		0.275		0.402	
观测值数	1360		1360		1360		1360	

注：***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

(二) 内生性讨论

表 5 报告了 2SLS 回归的估计结果。回归 1 为第一阶段估计结果，结果表明，以内生变量包装容量为被解释变量时，地形工具变量对农户所购买包装容量的大小具有显著的影响。与此同时，第一阶段回归的 F 统计量远大于相应的经验临界值 10，拒绝“所选工具变量为弱工具变量”的原假设（张勋等，2020）。

回归 2 为 2SLS 回归第二阶段估计结果，可以发现，包装容量在 5%统计水平上显著且系数为正，点估计结果为 0.035。这意味着，在其他条件不变的情况下，包装容量每增加 1ml 会使得农户平均每亩农药使用量增加 0.035kg，同表 4 回归 4 基准回归中核心解释变量估计结果相比，包装容量系数的 2SLS 回归估计值（0.035）略大于 OLS 回归估计值（0.034），其原因可能在于选择偏差与衰减偏差的存在。一方面，生产经验丰富的农户可能由于自身农业生产经营能力强，能够根据其其对农药需求量的准确判断选择合适包装容量的农药产品，开展科学施药，而这导致包装容量对使用量的影响因选择偏差而被低估。另一方面，核心解释变量与被解释变量的度量误差可能带来衰减偏差，使得基准回归结果有偏（孙圣民和陈强，2017）。

进一步地，借鉴 Nunn and Wantchekon (2011) 的做法，将工具变量（地形）作为解释变量加入（1）式，表 5 回归 3 为半简化式回归结果。半简化式回归的基本逻辑是，如果工具变量与（1）式中随机扰动项无关，则将工具变量加入原方程（1）式后应该得到不显著的估计结果。回归 3 结果显示，核心解释变量包装容量仍在 5%统计水平上显著，而工具变量估计结果不显著，这表明工具变量无法直接影响农户农药使用量，在一定程度上满足工具变量外生性的要求。需要注意的是，地形可能与土壤

类型、病虫害情况高度相关，由此影响农药使用。为了解决这一问题，本文参考 Conley et al. (2012) 的做法，把这些潜在因素作为控制变量（即村庄土壤类型、病虫害情况等）尽量控制起来，进一步确保了工具变量的外生性。综上，使用工具变量的估计结果与前文一致，表明工具变量的有效性。

表 5 2SLS 回归估计结果与外生性检验结果

变量	包装容量		农药使用量		农药使用量	
	回归 1		回归 2		回归 3	
	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误
包装容量			0.035**	0.037	0.033**	0.015
工具变量：地形	-1.390***	0.455			-0.140	0.150
常数项	18.117***	4.292	1.041	2.487	2.867***	1.091
控制变量	已控制		已控制		已控制	
村庄虚拟变量	已控制		已控制		已控制	
F 值	19.32					
R ²	0.217		0.370		0.402	
观测值数	1360		1360		1360	

注：***和**分别表示 1%和 5%的显著性水平。

(三) 有效性检验与稳健性检验

表 5 基于工具变量法的 2SLS 回归结果和表 4 回归 4 基准回归结果显示，二者包装容量系数的估计值相近，表明本文模型设定合理且存在内生性偏误的可能性较小。但谨慎起见，本文进一步针对表 4 回归 4 和表 5 回归 2 进行稳健性检验。

首先，为了检验基准回归结果是由一些极端值造成的或者是否存在非线性关系，本文利用残差分析方法对基准回归进行稳健性检验。第一，本文分别将被解释变量（农药使用量）和核心解释变量（包装容量）对上述模型中其他控制变量（其中包含个体、家庭、村庄层面特征变量和村庄虚拟变量）进行回归，得到残差。第二，通过残差散点图验证包装容量与农户农药使用量之间的关系。

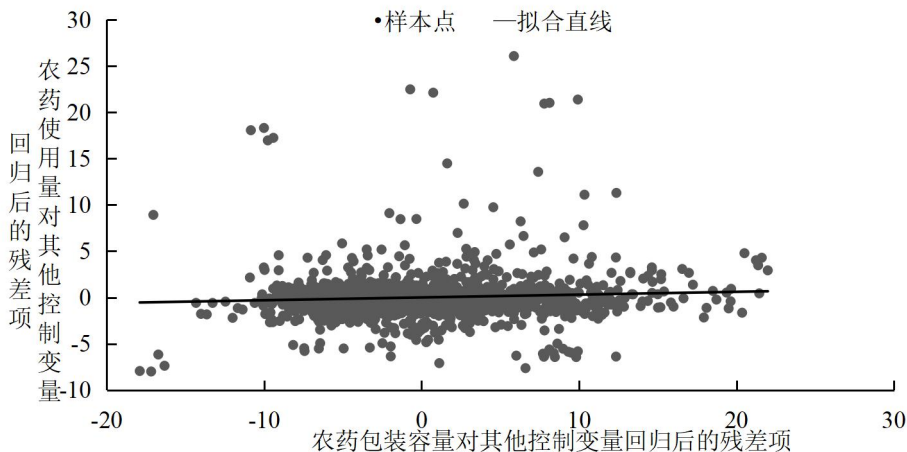


图 2 包装容量与农药使用量的残差检验图

图2中黑色圆点代表各观测样本，可以看出，包装容量与农药使用量之间存在线性关系，而且正向相关关系不受极个别观察值的影响（殷戈等，2020）。这在一定程度上表明，包装容量与农户农药使用量之间存在正向线性关系。因此，本文的实证模型设定和基准回归的结果是可靠的。

其次，考虑到基准回归模型采用的OLS估计属于均值回归，若农户农药使用量分布存在偏斜，则可能导致模型估计有偏。对此，本文采用分位数回归模型进行稳健性检验，回归结果见表6。表6中包含了关于农药使用量在0.2、0.4、0.6、0.8分位点上的结果。可以发现，随着农药使用量分位点的增加，包装容量对农户农药使用量的促进作用不断增强，且包装容量系数估计结果的方向未发生变化，这表明大包装容量会促进农户增加农药使用量，与基准回归结果保持一致，因此可以认为基准回归结果具有稳健性，H1再次得到验证。

表6 包装容量对农药使用量影响的分位数回归结果

变量	农药使用量							
	0.2分位点		0.4分位点		0.6分位点		0.8分位点	
	回归1		回归2		回归3		回归4	
	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误
包装容量	0.017**	0.007	0.028***	0.008	0.032***	0.011	0.048***	0.012
常数项	1.831***	0.670	1.809**	0.693	1.643*	0.866	2.857**	1.303
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制	
村庄虚拟变量	已控制		已控制		已控制		已控制	
R ²	0.232		0.221		0.234		0.341	
观测值数	1360		1360		1360		1360	

注：***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平。

五、作用机制与异质性分析

（一）包装容量影响农药使用量的作用机制分析

本文认为，包装容量之所以能够影响农户的农药使用量，其内在机制可能是包装容量通过影响农户的用药行为规范化程度作用于农药使用量。表7报告了包装容量对农药使用量影响的回归结果。其中，回归2为（4）式的估计结果，回归3为（5）式的估计结果。由表7回归2可结果知，大包装容量会抑制农户的规范用药行为。从回归3可知，用药行为规范化程度的弱化均显著提高了农户的农药使用量，这与前文理论分析结果相符。在此基础上，对比表7中回归1和回归3估计结果，可以发现，当基准模型纳入机制变量后，核心解释变量包装容量的系数由0.034变成0.024，这表明包装容量对农户农药使用量的促进作用减小。根据中介效应分析的原理，包装容量对农户农药使用量的一部分促进作用通过改变用药行为规范化程度这条路径实现，因此上述影响机制得以验证。

表 7 包装容量对农药使用量的影响机制分析回归结果

变量	农药使用量		用药行为规范化程度		农药使用量	
	回归 1		回归 2		回归 3	
	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误
包装容量	0.034**	0.015	-0.137***	0.007	0.024*	0.014
用药行为规范化程度					-0.117**	0.019
常数项	2.281**	0.939	8.314***	0.556	6.159***	1.061
控制变量	已控制		已控制		已控制	
村庄虚拟变量	已控制		已控制		已控制	
R ²	0.402		0.442		0.439	
观测值	1360		1360		1360	

注：①回归 1 即表 4 回归 4 基准模型估计结果。②***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

进一步地，本文采用 Gelbach (2016) 的做法对上述影响机制进行量化^①。计算结果表明，包装容量对农户农药使用量的影响，40.07%可由用药行为规范化程度这条影响路径进行解释。这在一定程度上表明，大包装容量通过弱化农户的用药行为规范化程度而增加了农药使用量，H2 得以验证。与此同时，该机制量化结果也表明用药行为规范化程度这条影响路径，具有较强的解释力和较高的可信度。

(二) 包装容量影响农药使用量的异质性分析

前文呈现了包装容量对农药使用量的影响，即同质性影响。然而，现实中不同情境下包装容量对农户农药使用量的影响存在差异。接下来，本文将从气候变化感知、种植类型、劳动力转移、土地经营规模 4 个方面，考察包装容量对农药使用量的异质性影响。

由表 8 可知，回归 1 至回归 4 结果中情境变量与包装容量交互项系数方向均符合理论预期，且在统计意义上显著，这说明存在包装容量对农户农药使用量的异质性处理效应。具体而言：回归 1 结果显示，气候变化感知与包装容量交互项的估计结果显著且系数为正，这表明气候变化感知能够显著增强大容量包装对农户农药用量的促进作用，H3 得以验证。回归 2 结果显示，随着水稻种植品种数的增加，包装容量对农户农药使用量的促进作用不断增强，H4 得以验证。回归 3 中交互项系数估计结果表明，相比于采用单季稻和双季稻等种植制度的农户，采用再生稻种植方式的农户包装容量对其农药使用量的促进作用更强，即采用新的种植制度能够显著增强大容量包装对农户农药用量的促进作用，H5 得以验证。回归 4 估计结果表明，劳动力转移比例提升显著增强包装容量对农药使用量的促进作用，H6 得以验证。

^①Gelbach (2016) 已证明： $\hat{\alpha}_1 = \hat{\eta} + \hat{\beta}_1 \hat{\kappa}$ ，其中 $\hat{\beta}_1 \hat{\kappa}$ 表示机制的所解释部分， $\hat{\eta}$ 表示模型未解释部分。因此， $\hat{\beta}_1 \hat{\kappa} / \hat{\alpha}_1$ 表示机制的解释力度。在本文中， $\hat{\beta}_1 = -0.137$ ； $\hat{\kappa} = -0.117$ ； $\hat{\eta} = 0.024$ ； $\hat{\alpha}_1 = 0.040$ 。

表 8 包装容量影响农户农药使用量的异质性回归结果（气候变化感知、种植类型、劳动力转移）

变量	农药使用量							
	回归 1		回归 2		回归 3		回归 4	
	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误
气候变化感知	0.350***	0.130						
气候变化感知 ×包装容量	0.028**	0.013						
水稻品种数			0.209	0.188				
水稻品种数× 包装容量			0.015**	0.007				
水稻种植制度					0.224***	0.024		
水稻种植制度 ×包装容量					0.013***	0.002		
劳动力转移							0.273*	0.163
劳动力转移× 包装容量							0.021**	0.010
包装容量	0.028**	0.007	0.024**	0.010	0.027***	0.002	0.021*	0.013
常数项	2.939***	0.945	3.233***	1.085	-1.536	0.930	1.759*	0.965
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制	
村庄虚拟变量	已控制		已控制		已控制		已控制	
R ²	0.411		0.404		0.455		0.405	
观测值数	1360		1360		1360		1360	

注：***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

表 9 报告了不同土地经营规模情境下包装容量对农户农药使用量的异质性影响。回归 1、回归 2 为家庭经营规模的异质性分析结果。回归 1 结果显示，家庭经营规模与包装容量交互项的估计结果并不显著，其原因可能在于，随着农户家庭经营规模的变化，包装容量与农药使用量之间可能存在非线性关系。对此，本文进一步在前文（6）式基础上纳入家庭经营规模的平方项及其与包装容量的交互项进行估计。由回归 2 结果可知，交互项变量显著且系数为负，这说明包装容量对农户农药使用量的影响随家庭经营规模扩大先增后减。具体而言，随着家庭经营规模扩大，包装容量对农药使用量的促进作用在初始阶段呈现增强趋势，当家庭经营规模达到临界值 16.667 亩时，包装容量对农药使用量的促进作用最大；当家庭经营规模超过临界值后，包装容量对农药使用量的促进作用不断弱化，H7 得以验证。在回归 2 的基础上，本文进一步将平均地块规模纳入模型以考察地块规模的异质性影响，估计结果见回归 3。可以发现，平均地块规模与包装容量交互项变量显著且估计系数为负，这表明随着平均地块规模扩大，包装容量对农药使用量的促进作用会被削弱，H8 得以验证。这些结果在一定程度上说明了农户小规模、细碎化的经营特点对农药减量所构成的约束。

表 9 包装容量影响农户农药使用量的异质性回归结果（土地经营规模）

变量名称	农药使用量					
	回归 1		回归 2		回归 3	
	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误
包装容量	0.036*	0.018	0.024**	0.011	0.038***	0.011
家庭经营规模	0.004	0.004	0.020**	0.009	0.019***	0.007
包装容量×家庭经营规模	-0.000	0.001	0.001	0.001	0.002**	0.001
家庭经营规模平方			-0.000**	0.000	-0.000**	0.000
包装容量×家庭经营规模平方			-0.000*	0.000	-0.000**	0.000
平均地块规模					-0.308***	0.035
包装容量×平均地块规模					-0.002*	0.001
常数项	2.367**	0.938	2.173**	0.961	3.080**	1.382
控制变量	已控制		已控制		已控制	
村庄虚拟变量	已控制		已控制		已控制	
R ²	0.402		0.404		0.617	
观测值数	1360		1360		1360	

注：***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

六、结论与讨论

推进农药减量，促进农业绿色发展，是农业高质量发展的内在要求。已有文献对农户农药使用量影响因素的研究，多关注装备技术（如施药设备）与经营规模（如土地经营规模）等方面的影响，相对忽视了农药作为工业品的本质属性及其所隐含的行为经济学意义，尤其是未能充分考虑产品包装设计对农户农药使用量的重要影响。本文通过分析农药包装容量对农户农药使用量的影响，以期揭示减少农药使用量的新路径。研究表明：第一，农药的大容量包装能够显著增加农户的农药使用量。第二，包装容量通过影响农户用药行为规范化程度作用于农药使用量。第三，情境因素的变动，包括气候变化感知增强、种植多元品种和采用新种植制度、劳动力非农转移、地块细碎化，均可以显著增强大容量包装对农户农药使用量的诱导作用。第四，随着农户土地经营规模扩大，包装容量对其农药使用量的影响在初始阶段呈增强趋势，但土地经营规模超过临界值 16.667 亩后，包装容量对农药使用量的影响减弱。

基于以上结论，本文得到如下政策启示：农药减量并非单纯的农户行为或政策引导问题，而是与农业化学品的工业设计尤其是包装容量设计紧密关联。在农业家庭经营制度下，应该重视通过优化包装容量设计引导农户规范化的用药行为。小农户面临由气候变化引致的病原体和害虫变异、由种植新品种引致的高风险预期、由劳动力转移引致的劳动禀赋不足和由地块细碎化引致的农药使用量记忆困

难，均可能对农药减量产生不利的影响，而较小农药包装容量的信号显示能够有效地抑制这些负面作用。此外，进一步促进农地流转，加快发展农业分工基础上的专业化服务，改善土地经营与农业社会化服务的规模经济性，将有助于弱化大容量包装对农药使用量的不利影响。

值得讨论的是，在农药市场上确实存在不同包装容量的农药供给，也必须承认多样化的电商渠道确实赋予了农户更为广阔的选择空间。由于存在信息不对称，小农户相对缺乏农药质量的甄别能力，而熟人社会的重复交易能够显著降低以次充好等严重败德行为的发生概率，所以小农户普遍倾向于在农资店就近购买农药。农资供应商则处于社会规范（遵守社会道德）与市场规范（实现利益最大化）的微妙平衡之中。一般来说，以次充好的后果更为严重，所以受社会规范影响，供应商会自发规避这类行为。但是，供应商可能在市场规范的主导下，策略性地选择农药进货商品，或者选择性地推销售卖大包装容量的农药，使得多数时候小包装容量的农药都处于缺货或断货状态。进一步地，大包装容量所引起的农药供给可能产生锚定效应，即农户认为农药包装就是大容量的，从而放弃对小容量包装农药产品的搜寻。而且，大容量包装农药也可能使农户产生行为惯性，农民将大容量包装所诱发的大量或过量使用农药行为固化为习惯，甚至形成路径依赖。

研究局限与展望：第一，本文所考虑的情境因素，仅涉及气候变化感知、种植类型、劳动力转移和土地经营规模，这些均是客观因素。事实上，农户的用药行为还包括个人偏好、主观规范和知觉行为控制等主观因素。为此，后续研究需要将主观因素纳入，进一步考察包装容量对小农户生产投入行为的影响。第二，本文仅对包装容量的影响进行探析，却并未考虑包装设计其他维度（例如色彩、图形、文字设计等）特征的潜在作用，后续研究将就包装多维特征对农药用量的影响及其机理展开剖析。例如，将带有描述农药减量积极影响标语和描述农药过量使用消极影响标语的农药包装进行对比，以分析其对农户农药减量行为的不同引导效果。第三，本研究选取的样本在区域上聚焦湖北省、在对象上聚焦稻农，由于不同区域不同作物的用药需求存在差异，后续研究可拓展至其他区域或其他作物的种植主体，开展进一步讨论。

参考文献

- 1.蔡荣、汪紫钰、钱龙、杜志雄，2019：《加入合作社促进了家庭农场选择环境友好型生产方式吗？——以化肥、农药减量施用为例》，《中国农村观察》第1期，第51-65页。
- 2.杜江、王锐、王新华，2016：《环境全要素生产率与农业增长：基于DEA-GML指数与面板Tobit模型的两阶段分析》，《中国农村经济》第3期，第65-81页。
- 3.关桓达、吕建兴、邹俊，2012：《安全技术培训、用药行为习惯与农户安全意识——基于湖北8个县市1740份调查问卷的实证研究》，《农业技术经济》第8期，第81-86页。
- 4.韩杨，2022：《中国粮食安全战略的理论逻辑、历史逻辑与实践逻辑》，《改革》第1期，第43-56页。
- 5.李昊、李世平、南灵，2017：《农药施用技术培训减少农药过量施用了吗？》，《中国农村经济》第10期，第80-96页。
- 6.李红梅、傅新红、吴秀敏，2007：《农户安全施用农药的意愿及其影响因素研究——对四川省广汉市214户农户

的调查与分析》，《农业技术经济》第5期，第99-104页。

7.廖理、吉霖、张伟强，2015：《借贷市场能准确识别学历的价值吗？——来自P2P平台的经验证据》，《金融研究》第3期，第146-159页。

8.刘凤芹，2006：《农业土地规模经营的条件与效果研究：以东北农村为例》，《管理世界》第9期，第71-79页、第172页。

9.柳武妹、马增光、叶富荣，2020：《营销领域中包装元素对消费者的影响及其内在作用机制》，《心理科学进展》第6期，第1015-1028页。

10.梁志会、张露、刘勇、张俊飏，2020：《农业分工有利于化肥减量施用吗？——基于江汉平原水稻种植户的实证》，《中国人口·资源与环境》第1期，第150-159页。

11.孙华、陈力勇，2014：《流入城镇农村人口消费行为分析——基于西安市的调查》，《人口研究》第2期，第92-101页。

12.孙圣民、陈强，2017：《家庭联产承包责任制与中国农业增长的再考察——来自面板工具变量法的证据》，《经济学（季刊）》第2期，第815-832页。

13.王家业，1999：《化肥农药包装急需小型化》，《应用科技》第6期，第19页。

14.王建华、刘茁、浦徐进，2016：《基于贝叶斯网络的农业生产者农药施用行为风险评估》，《经济评论》第1期，第91-104页。

15.王玉霞、唐志军，2008：《信号显示和身份甄别的会员制——一个来自信息经济学的解释》，《财经问题研究》第7期，第24-31页。

16.王常伟、顾海英，2013：《市场VS政府，什么力量影响了我国菜农农药用量的选择？》，《管理世界》第11期，第50-66页、第187-188页。

17.吴惠芳、饶静，2009：《农业女性化对农业发展的影响》，《农业技术经济》第2期，第55-61页。

18.薛彩霞，2022：《农户政治身份对绿色农业生产技术的引领效应》，《西北农林科技大学学报（社会科学版）》第3期，第148-160页。

19.殷戈、黄海、黄炜，2020：《人力资本的代际外溢性——来自“别人家的父母”的证据》，《经济学（季刊）》第4期，第1491-1514页。

20.张峰、谭雄恺、张莎、赵红，2021：《包装规格如何影响不确定促销效果？——来自青岛啤酒的实证研究》，《管理评论》第9期，第169-176页。

21.张露、罗必良，2020：《农业减量化：农户经营的规模逻辑及其证据》，《中国农村经济》第2期，第81-99页。

22.张露、罗必良，2021：《规模经济抑或分工经济——来自农业家庭经营绩效的证据》，《农业技术经济》第2期，第4-17页。

23.张露、罗必良，2022：《农业的减量化逻辑：一个分析框架》，《农业经济问题》第4期，第15-26页。

24.张勋、杨桐、汪晨、万广华，2020：《数字金融发展与居民消费增长：理论与中国实践》，《管理世界》第11期，第48-63页。

25.张倩、朱思柱、孙洪武、张宁宁，2019：《引致成本视角下不同规模农户施药行为差异的再思考》，《农业技术经济》第9期，第48-57页。

- 26.周曙东、张宗毅, 2013: 《农户农药施药效率测算、影响因素及其与农药生产率关系研究——对农药损失控制生产函数的改进》, 《农业技术经济》第3期, 第4-14页。
- 27.Argo, J. J., and K. White, 2012, “When Do Consumers Eat More? The Role of Appearance Self-esteem and Food Packaging Cues”, *Journal of Marketing*, 76(2): 67-80.
- 28.Aerts, G., and T. Smits, 2017, “The Package Size Effect: How Package Size Affects Young Children’s Consumption of Snacks Differing in Sweetness”, *Food Quality and Preference*, 60: 72-80.
- 29.Brian, W., 1996, “Can Package Size Accelerate Usage Volume?”, *Journal of Marketing*, 60(3): 1-14.
- 30.Conley, T. G., C. B. Hansen, and P. E. Rossi, 2012, “Plausibly Exogenous”, *Review of Economics and Statistics*, 94(1): 260-272.
- 31.Eykelenboom, M., E. Velema, B. P. D. Ebersson, G. C. Scholten, V. K. Lushpa, and I. H. M. Steenhuis, 2018, “Results of a Randomized Controlled Trial Evaluating the Effect of Increasing Package Size on Usage Volume of Peanut Butter in Older Adults”, *Appetite*, 130: 184-189.
- 32.Gelbach, J. B., 2016, “When do Covariates Matter? And Which Ones and How Much?”, *Journal of Labor Economics*, 34(2): 509-543.
- 33.He, G. J., Y. Xie, and B. Zhang, 2020, “Expressways, GDP, and the Environment: The Case of China”, *Journal of Development Economics*, 145: 102485.
- 34.Han, J. W., L. Ruiz-Garcia, J. P. Qian, and X. T. Yang, 2018, “Food Packaging: A Comprehensive Review and Future Trends”, *Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety*, 17(4): 860-877.
- 35.Heckman, J., R. Pinto, and P. Savelyev, 2013, “Understanding the Mechanisms through Which an Influential Early Childhood Program Boosted Adult Outcomes”, *American Economic Review*, 103(6): 2052-2086.
- 36.Hirschman, E. C., and M. B. Holbrook, 1982, “Hedonic Consumption: Emerging Concepts, Methods and Propositions”, *Journal of Marketing*, 46(3): 92-101.
- 37.Ittersum, K. V., and B. Wansink, 2012, “Plate Size and Color Suggestibility: The Delboeuf Illusion’s Bias on Serving and Eating Behavior”, *Journal of Consumer Research*, 39(2): 215-228.
- 38.Kirsten, B., 2020, “Signs, Things and Packaging: Recovering the Material Agency of the Cigarette Packet”, *Social Studies of Science*, 50(1): 30-49.
- 39.Nunn, N., and L. Wantchekon, 2011, “The Slave Trade and the Origins of Mistrust in Africa.” *American Economic Review*, 101(7): 3221-3252.
- 40.Rita, C., P. Rik, and Z. Marcel, 2008, “Flying under the Radar: Perverse Package Size Effects on Consumption Self-Regulation”, *Journal of Consumer Research*, 35(3): 380-390.
- 41.Schreinemachers, P., and P. Tipraqsa, 2012, “Agricultural Pesticides and Land Use Intensification in High, Middle and Low Income Countries”, *Food Policy*, 37: 616-626.
- 42.Tudi M., H. Ruan, W. Li, L. Jia, and D. T. Phung, 2021, “Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment”. *International journal of environmental research and public health*, 18(3): 1-23.

43.Wang, C., X. Wang, Z. Jin, C. Müller, T. Pugh, A. Chen, T. Wang, L. Huang, Y. Zhang, L. Li, and S. Piao, 2022, "Occurrence of Crop Pests and Diseases has Largely Increased in China Since 1970", *Nature Food*, 3: 57-65.

44.Williamson, O. E., 1985, "Reflections on the New Institutional Economics", *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 141: 187-195.

(作者单位：¹华中农业大学经济管理学院；

²华南农业大学国家农业制度与发展研究院)

(责任编辑：柳 荻)

Pesticide Reduction: Exploring the Secret of Package Capacity

ZHANG Lu LUO Biliang

Abstract: The signal display function and the significance of package capacity of pesticides from the perspective of behavioral economics have not been fully discussed. Different from prior studies which explore the determinants of pesticide reduction from enlarging farmland scale and developing agricultural outsourcing services, this study attempts to open the black box of pesticide's package capacity, analyzes the impact mechanism of package capacity on pesticide application, and proposes a new chemical reduction option. The results show that, first of all, large capacity packaging of pesticides can significantly increase rural households' pesticide application. Secondly, the signal display functions of package capacity, including "functional specificity", "quality reliability" and "storage risk", affect their pesticide application through sharpening their spraying behaviors. Thirdly, factors such as enhancing climate change perception, planting multiple varieties and applying new planting systems, transferring of agricultural labor and operating small size plots, can significantly strengthen the positive effect of large capacity packaging on rural households' pesticide consumption. Fourthly, with the expansion of farmland operation scale, the impact of package capacity on pesticide consumption increases at the initial stage, but it declines when farmland operation scale exceeds the critical value of 16.667 mu. Therefore, the study indicates that optimizing package capacity is an important market means to stimulate small farmers to reduce pesticide application.

Key Words: Pesticide Package; Package Capacity; Pesticide Application; Pesticide Application Reduction