

# 茶农生物农药属性偏好及支付意愿研究

——基于选择实验的实证分析

赵晓颖<sup>1,2</sup>, 郑军<sup>2</sup>, 张明月<sup>2</sup>

(1. 山东科技大学 财经学院, 山东 泰安, 271000; 2. 山东农业大学 经济管理学院, 山东 泰安, 271000)

**摘要:** 利用选择实验方法实证分析了茶农生物农药属性偏好和支付意愿。结果表明:①茶农偏好“缩短安全间隔期”“不提前使用”和“不产生抗药性”的农药属性,但在“缩短安全间隔期”和“针对防治”上存在偏好异质性;②茶农愿为优化3类属性多支付16.974、22.250和11.272元/亩/年;③种植面积小、受教育年限长、化学农药危害认知程度高的茶农倾向于选择生物农药;④生物农药实际支付高于各属性加总的意愿支付,应关注生物农药外部性。

**关键词:** 选择实验;生物农药;属性偏好;Mixed Logit;WTP

**中图分类号:** F064.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2020)4—0103—09

农业绿色发展已经越来越成为社会关注的热点问题。近年来,党中央、国务院及相关部门先后颁布了《到2020年化肥、农药使用量零增长行动方案》《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》《农业绿色发展技术导则(2018—2030年)》等一系列政策措施,致力于推进绿色助农、绿色兴农。但与之相对应的是,在节约资金、劳动力及粮食增产的驱动下,我国农业长期以来沿袭依赖化学品密集投入的发展模式,对生态环境、农产品质量及居民健康都产生了较大负面影响。具体到农作物病虫害控制方面,以化学农药为主的控制手段亦未根本改变<sup>[1]</sup>,导致农产品农药超标问题严重,绿色生产任重道远。

对此,国家一直在大力推广资源节约、环境友好的绿色病虫害防控技术,生物农药技术是其中重要的一项。作为化学农药的替代品,生物农药具有低毒低残留、靶向选择性强、人畜安全性高、生态环境影响小、材料来源广等优点,符合绿色发展的时代要求和农户认知。但从实际应用情况看,目前我国生物农药的市场销售份额仅占整个农药市场销售份额的十分之一,不及世界平均水平的一半。农户逐渐增强的亲环境价值观念和对生物农药的认可,并没有顺利转化为农业生产中的施用行为<sup>[2]</sup>。如何在研发、推广生物农药的过程中做到有的放矢、提升农户的使用意愿?关键在于准确识别生物农药在病虫害控制管理过程中的策略属性,了解农户的策略属性偏好,从而实现生物农药对化学农药的有效替代。

## 一、文献回顾

当前学界对农户的农药使用行为研究很多。其中,理论研究集中于以下两个方面:一是在理性经济人假设下的古典经济学理论基础上,农户如何将自身效用最大化并对农药种类、施药数量进行选择<sup>[3-4]</sup>。二是在经济人、社会人和组织人假设下的行为经济学理论基础上,农户如何受认知能力、心理距离、目标动机等因素的影响,进而采取不同的施药行为<sup>[5-7]</sup>。研究方向多从下述几个角度展开:一是农药的使用不规范现象。大量研究表明,现阶段农户在农药品种选择、施用过程、施用量、施用频率等方面并不规范<sup>[4,8]</sup>。一些农户在“生产逐利”和“损失厌恶”驱动下,单纯追求杀虫、灭病、促生效果,在生产中忽视正确的用药方法和技术,并逐渐养成依赖化学农药的施药习惯。二是农药施用效率和现状。早些年,部分学者把农药当成一种普通的生产要素引入到Cobb Douglas生产函数中来测算农药生产效率<sup>[9]</sup>,但忽视了农药作用机制的特殊性,导致农药的生产率被高估。之后部分学者通过纳入损失控制函数,降低了农药边际生产率的测算偏差<sup>[10-11]</sup>,该方法下的

**收稿日期:** 2019—12—16

**基金项目:** 国家社会科学基金一般项目“新型农业经营主体绿色生产行为演进机制与政策设计研究”(19BGL160);山东省高等学校人文社会科学研究项目:“山东省现代农业集群品牌价值形成机理及提升策略研究”(J17RA097)

**作者简介:** 赵晓颖(1986—),女,山东泰安人,山东科技大学讲师,山东农业大学博士研究生,研究方向:农产品质量安全、农业资源与环境、农业技术经济;(通讯作者)郑军(1971—),男,山东威海人,山东农业大学教授,博士研究生导师,研究方向:农业经济理论与政策、农产品质量安全;张明月(1990—),女,山东临沂人,山东农业大学讲师,研究方向:农业经济理论与政策、农产品质量安全。

实证结果显示,我国农户在粮食作物和经济作物种植过程中普遍存在农药过量施用的现状<sup>[5,12-13]</sup>。三是农户施药行为的影响因素。从成本收益角度来看,土地、劳动等要素机会成本的上涨<sup>[14]</sup>、化学投入品使用过程中的私人成本小于社会成本<sup>[15]</sup>、农户的低风险低收益偏好<sup>[16]</sup>等均是过量使用农业化学品的重要原因。另外,年龄、种植经验、种植面积、教育程度等个体特征因素<sup>[8,17]</sup>,生产培训、加入合作社、绿色产品价格、售前检测、农业保险和补贴等外部环境因素等<sup>[3,5,18-19]</sup>对农户化学农药施用行为有重要的影响。四是化学农药的替代策略。部分学者针对农户采纳新型绿色防控技术、病虫害综合管理(IPM)技术的意愿、行为及绩效进行研究<sup>[20-21]</sup>。生物农药作为化学农药替代品之一,也逐渐受到学术界的关注。一些研究表明,农户对生物农药施用效果的评价普遍较高<sup>[22]</sup>,并且对劳动力的替代作用是可观的<sup>[23]</sup>。但不少农户在使用生物农药时存在意愿和行为不一致的现象,原因在于个人因素及不受控制的现实情境因素<sup>[2]</sup>。化学农药防治观念、生物农药标识、生物农药认知、生物农药价格、病虫害防治效果、作物商品化率、家庭农业收入比重、技术获取、培训和服务满意度、心理距离远近、购买情景<sup>[2,6-7,23]</sup>是影响农户生物农药使用意愿和行为的主要因素。亦有研究指出生物农药的购买意愿和购买行为具有一致性,但两者的影响因素存在较大差异性<sup>[24]</sup>。

从已有的文献资料来看,尽管学者们从不同视角对农户施药问题进行了探索并取得丰硕的成果,但缺乏从农药自身属性的视角探讨农户的施药行为。农户施药行为不仅体现为对农药或其替代品种类或数量的选择,更体现为农户对农药或其替代品本身所附着的特征或属性的选择。由于生物农药在病虫害控制方式、生态环境影响、投入成本等各方面属性不同于化学农药,并且各种类型生物农药之间的技术属性也存在差异,因此明确农户对农药病虫害控制策略的属性偏好有助于理解农户选择施药类型和施药方式的内在机制。为此,本文将使用选择实验方法尝试完成以下工作:首先,识别使用生物农药控制病虫害的关键策略属性。其次,利用 Mixed Logit 模型分析农户对生物农药策略属性的异质性偏好以及农户特征影响因素。最后,利用 WTP 模型计算农户对各类策略属性的支付意愿,更直观、量化地把握农户对生物农药各类属性的需求。

## 二、选择实验法与实验设计

### (一)选择实验法

选择实验法的理论基础为特征价格理论和随机效用理论<sup>[25-26]</sup>,目前已在消费者支付意愿方面得到广泛的应用。近年来,不少学者将选择实验方法应用于环境资源保护、新型农业技术采纳等方面研究<sup>[27-29]</sup>。选择实验是基于虚拟市场条件下,提供给受访者一个假设情景,受访者在假设情景下从一个选择集中选出他认为最优的一个方案。由于选择实验允许受访者在不同属性水平与属性组合间进行权衡,因此可以突破一些传统方法的限制,并产生符合福利经济学的评估结果<sup>[30]</sup>。由此,受访者选择其最优方案所获得的效用为

$$U_i = V_i(x_i, s) + \varepsilon_i \quad (1)$$

其中: $U_i$ 表示方案*i*的潜在效用; $V_i(x_i, s)$ 和 $\varepsilon_i$ 表示可观测及不可观测的效用部分, $V_i$ 可根据方案属性 $x_i$ 和决策者特征 $s$ 估计求得,通常采用如下两种表达式:

$$V_i = ASC_i + \sum \beta_k x_k \quad (2)$$

$$V_i = ASC_i + \sum \beta_k x_k + \gamma_m ASC_i s_i \quad (3)$$

式(2)可称为基础模型。 $ASC_i$ 为特定备择常数(alternative specific constant),表示“维持现状”或“都不选择”的基准效用<sup>[31]</sup>;解释变量为*k*个方案属性变量( $x_1, \dots, x_k$ );( $\beta_1, \dots, \beta_k$ )为其待估计系数。为了反映决策者选择“维持现状”的影响因素和特征差异,式(3)中解释变量加入了 $ASC_i$ 与*m*个决策者特征变量( $s_1, \dots, s_m$ )构成的交叉项,( $\gamma_1, \dots, \gamma_m$ )为交叉项待估计系数,因此,可将式(3)称为交叉项模型。当存在另一方案*j*时,农户选择方案*i*的概率为

$$P_i = P[(V_i + \varepsilon_i) > (V_j + \varepsilon_j)] \quad (4)$$

式(4)中,不同的模型基于对*i*分布的不同假设。如果*i*服从独立同分布(IID)且满足无关选择独立性假设(IIA),那么式(4)属于 Multinomial Logit(MNL)模型;如果模型放宽了对 IID 和 IIA 的限制,令*i*服从随机分布,则式(4)属于 Mixed Logit 模型。相比 MNL 模型, Mixed Logit 可以更好捕获决策者偏好的异质性,也更符合实际情况<sup>[32]</sup>。

在式(3)的基础上,可以计算出农户对各属性的偏好程度,采用 WTP(willingness to pay)指标计算。WTP 原指支付意愿,在本文中表示当生物农药某一个属性特征变化时,为了保持效用不变,农户愿意为此属性付

出的成本的变化率,即边际替代率。

$$WTP_k = -\frac{\partial V_i / \partial \beta_k}{\partial V_i / \partial \beta_p} \quad (5)$$

其中: $\beta_p$ 为方案成本变量系数; $\beta_k$ 为方案属性变量系数。 $WTP_k$ 越大,表示农户愿意为此属性付出更多的成本,支付意愿越强。

## (二) 样本选择及数据来源

在前期实地考察的基础上,本文选定茶农为研究对象。由于茶树喜好温暖潮湿自然条件,生长环境极易滋长病虫害,再加上其经济作物的性质,导致茶农长期采用过度依赖化学农药的管理模式。研究区域选定为山东省泰安市,泰安是山东“南茶北引”最早的茶区之一,同时是国内最高纬度的茶叶种植基地。为使茶叶安全越冬,大棚种植技术被广泛使用,但密封的产地环境导致附着于茶树的化学农药难以挥发。另外,由于“泰山女儿茶”区域品牌的建立,茶叶市场供不应求,鲜叶收购价格逐年提高,不少农户调整种植结构,增加种茶比例,利润的驱动使茶农尽可能规避产量风险,“见虫就杀”的病虫害管理方式随处可见。因此,用生物农药代替化学农药,对减少化学农药残留、提高区域茶叶品质、保证产业可持续发展有重要帮助。

课题研究人员于2019年5月对泰安市6个较大规模茶园进行了预调研<sup>①</sup>,采用了半结构式访谈方式,收集了有关茶叶品种、产量、病虫害类型和严重程度、茶农化学农药及生物农药认知、农药控制病虫害策略(包括成本和数量)的信息,初步设计了实验方案。2019年7月,对泰安农业局、农技站、农业科技特派员、农业高校和科研院所专家及当地农户分别进行了针对性访谈,进一步优化实验方案并最终确定实验属性及水平值。2019年8月,课题组结合不同茶园实际情况,在每个茶园随机选择30~40个茶农(共200名)进行选择实验。为保证实验效果,课题组首先调查整理每个受访茶农的个体特征、种植特征及认知特征等信息,然后用浅显易懂的语言详细讲述每种农药防治方案异同,在确保受访茶农理解并能复述方案的前提下,对受访茶农进行选择实验。

## (三) 实验设计

选择实验法的核心在于实验设计,即确定方案的属性,并定义属性的水平,从而构造选择集。属性设计需遵循下几点原则:一是属性内容,即识别出最为关键的属性,忽略次要属性;二是属性独立,即属性之间彼此独立不相关;三是属性数量,即选择最优数量。由于属性数量过少无法涵盖研究问题,数量过多又会造成实验者识别困难,因此研究者一般选择3~5项属性为宜。根据调研及针对性访谈最终选出了5项关键属性,即“是否提前使用”“是否缩短安全间隔”“是否针对性防治”“是否产生抗药性”和“防治成本”<sup>②</sup>。

“是否提前使用”是指是否需要提前使用生物农药,做到早防早治。据调研,泰安茶区主要品种为福鼎大白、黄山群体种和淳安鸠坑<sup>③</sup>,能造成经济损失的茶树主要虫害为小绿叶蝉,其次为绿盲蝽、蚜虫、粉虱等<sup>④</sup>。一般来说,生物农药以防为主,需要在病虫害幼龄时期或虫害高发期前使用,生效速度慢,如防治小绿叶蝉常用的苦参碱、白僵菌等大多数生物农药要在虫害高发期前2~4天使用才能观察到其防效果,但少数生物农药(如抗生素类)则不需要提前使用,能够即时防治。但如果面临病虫害突然爆发,“预防型”生物农药药效较差,可能造成产量损失。基于此,为生物农药防治方案的这一属性设置为“提前使用”和“不需提前使用”2个水平值。

“是否缩短安全间隔”指与化学农药相比,生物农药能否显著缩短用药的安全间隔期。通常,为降低农残、保护环境,茶农的施药期与采收期必须保持一定的时间间隔。据调研,泰安地区的小绿叶蝉、绿盲蝽等大多数害虫主要防治期为五月中旬和八月底。一般来说,由于生物农药活性强,易分解,针对茶树病虫害的生物农药的安全间隔天数平均为5天,化学农药则平均为10天。5月中旬泰安地区茶鲜叶平均价格为30元/斤(1斤=0.5千克),平均产量为8斤/天,每天收益约为240元,8月中旬茶鲜叶平均价格为12元/斤,平均产量为10斤/天,每天收益约为120元。由于茶叶的多期采摘特点,缩短安全间隔期能减少因停止采摘所遭受的损失,施用安全间隔期较短的生物农药能显著提高经济效益。但是,虽然绝大多数生物农药能够有效缩短安全间隔期,仍然存在少部分生物农药在特定的病虫害防治方面和化学农药的安全间隔期类似。基于此,为生物农药防治方案的属性设置为“缩短安全间隔期”和“不能缩短安全间隔期”2个水平值。

① 分别为小津口、大津口、刘家庄、曹家庄、大陡村、马套村。

② 通过专家访谈,对于大多数茶叶害虫,生物农药和化学农药的3天、7天和14天虫口灭杀率大致相同,所以本文假定使用生物农药并没有产量风险。

③ 泰安地区茶叶品种多引进自高山茶品种。

④ 由于泰安地区纬度较高,气候较为寒冷干燥,因此病虫害的种类较为单一。

“是否针对性防治”指使用农药是否仅防治某一种或一类害虫。生物农药具有在空气中易分解,对天敌友好的特点,但由于其独特的作用方式,有些生物农药广谱性高,能灭杀多种类害虫,另一些生物农药广谱性低,仅能灭杀一种或一类害虫。据调研,部分生物农药预防多样化虫害效率高,能够防治较多种类的昆虫,但针对性防治某类昆虫的效率越低。反之,虽然部分生物农药能够防治的昆虫种类少、范围少,预防多样化虫害效率低,但针对性防治某类昆虫的效率越高。基于此,为生物农药防治方案的属性设置为“针对性防治”和“广泛性防治”2个水平值。

“是否产生抗药性”指是使用农药一段时间后是否导致害虫对该药增加抗性。一般来说,施用生物农药后害虫产生的抗药性要低于化学农药,有利于在长期内减少使用农药。但由于生物农药杀虫的作用机理区别较大,有些通过拒食、胃毒、触杀等作用方式,有些通过抑制生长发育、干扰产卵、抑制种群形成等作用方式,有些通过增强植物抗性等作用方式,因此病虫害产生的抗药程度也有差别,除此之外,使用生物农药不合理同样能产生害虫的抗药性。因此,将生物农药的防治方案属性设置为“易产生抗药性”和“不易产生抗药性”2个水平值。

“防治成本”是指采用农药防治方案所付出的成本。据调研,泰安茶区茶农的施用化学农药习惯为约4次/年<sup>⑤</sup>,每次人工费约40元/亩<sup>⑥</sup>(1亩≈666.6平方米)。其中,茶农常用的联苯菊酯成本每次为3元/亩,吡虫啉成本为每次2元/亩,若交替使用,平均施药成本约为170元/亩/年。生物农药药剂成本每亩高于化学农药约70%,遇虫口爆发期需要比化学农药多施药1~2次,人工成本增加40~80元/亩/年,平均施药成本约为237元/亩/年,增加67元/亩/年。根据等距原则,将生物农药防治方案的属性设置为“每亩年成本增加45元/亩/年”和“成本增加88元/亩/年”2个水平值(表1)。

在策略属性及其水平已确定的条件下,见表1,该实验共有5个属性,每个属性有2个水平值。如果设计一种包含2种方案的选择集,则共有 $2^{2 \times 5} = 1024$ <sup>⑦</sup>种选择集。因此,利用Ngene1.1.1软件,采取最小正交设计原则<sup>⑧</sup>,最终确定了12种选择集。考虑到受访农户的实际理解能力,及为了让调查时间更具可操作性,将12种选择集按照属性水平的平衡原则匹配后随机分成2组,每组包含6个选择集(即形成2套问卷,每套问卷6个选择集),调查时茶农随机抽取1套问卷,共做6次选择。鉴于当前大多数受访茶农对化学农药使用和了解更多,因此在茶农选择之前,调研员会向茶农详细解释每个属性含义,介绍生物农药具有不危害害虫天敌、毒性低、低农药残留等特点,并明确告知生物农药与化学农药对害虫的防治效果相同。如果茶农仍不愿意选择生物农药防治方案的任何一个,可以放弃选择。每个选择集由2个不同的生物农药方案和1个放弃方案(方案3)构成,茶农需要根据自身及家庭状况从3个方案中选择1个(表2)。

表1 生物农药病虫害控制策略属性及水平

属性	含义	属性水平
是否提前使用	生物农药是否以预防为主	提前使用、不需提前使用
是否缩短安全间隔	施用生物农药后是否能及时采摘	缩短安全期、不能缩短安全期
是否针对性防治	生物农药后是否仅针对一类病虫害	广泛性防治、针对性防治
是否产生抗药性	施用生物农药后病虫害是否产生抗药性	易产生抗药性、不易产生抗药性
防治成本	采纳生物农药策略所付出的成本	增加45元/亩/年、增加88元/亩/年

表2 选择实验中的选择集示例

策略属性	生物农药方案1	生物农药方案2	方案3(仍使用化学农药)
是否提前使用	提前使用	不需提前使用	前两种方案都不选
是否缩短安全间隔	缩短安全间隔期	不能缩短安全间隔期	
是否针对性防治	广泛性防治某类病虫害	针对性防治某列病虫害	
是否产生抗药性	不易产生抗药性	易产生抗药性	
防治成本	增加88元/亩/年	增加45元/亩/年	
选一项(在□中打√)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

注:①调研员需向茶农详细解释每个生物农药属性含义;②调研员需向茶农介绍生物农药具有不危害害虫天敌、毒性低、低农药残留等特点;③调查人员需要提前明确说明生物农药与化学农药防治效果相同,以排除产量影响因素。

⑤ 泰安地区气候、湿度和南方地区有较大区别,施药次数总体少于南方。  
 ⑥ 每亩地按30斤喷灌器械施药,人工约半天,按照长期工80元/天,每次每亩约40元人力成本。  
 ⑦ 共有 $L^A$ 种选择集,其中, $J=alternative, A=attribute, L=level$ 。  
 ⑧  $D-error=0.0723, A-error=0.314887$ 。

### 三、变量设置及描述性统计

本文模型的被解释变量是某方案是否被选中,定义“被选中”为1,否则为0。根据选择实验方案设置,令特定备择常数为“替代常数项ASC”,设定其在每个选择集中方案3(“前两种方案都不选”)对应的观测值中取值为1,在方案1和方案2对应的观测值中均取值为0。基础模型的核心解释变量为农药方案的各种属性,其中,“是否提前使用”“是否缩短安全间隔”“是否针对性防治”及“是否产生抗药性”为虚拟变量,“防治成本”为连续变量。在虚拟变量编码中,并没有采用常见的虚拟编码(dummy coding),而是采用了效果编码(effect coding)<sup>⑨</sup>。根据本文研究数据,并且参考施药行为影响因素等相关研究,个体特征用受访者“年龄”“性别”及“教育年限”代表,种植特征用茶叶“种植面积”“种植收入”、受访者“种植经验”及“兼业程度”代表,认知特征用受访者“参与生物农药培训”和“化学农药危害认知”代表,具体赋值及解释见表3。

样本描述性统计显示,泰安地区人均茶农种植面积仅1.202亩,最大面积未超过5亩,与茶叶适宜生长的土地稀缺、种植过程中需要较多的家庭劳动力特点相符。近3年人均种植茶叶收入为2.012万元,据了解,茶叶种植收益明显高于小麦、玉米、花生等传统农作物,提高了当地居民的收入水平,但其劳动密集型特点也降低了家庭兼业化程度,平均农业收入占家庭总收入70%,表现出夫妻双方共同参与农业生产的特点。由于南茶北引整体时间较短,大部分茶农种植经验并未超过20年,平均13.81年。另外,茶农平均年龄为50.25岁,受教育年限为8.01年,受访者以女性为主,符合农户特征现状。

替代常数项(ASC)显示,有34.3%的选项拒绝了生物农药方案(方案1和方案2),其中200名受访者中有16名受访者(8%)完全拒绝了生物农药方案(方案1和方案2),并在6组选择集中都选择方案3(放弃2种生物农药方案)。样本中一些年龄偏大、教育水平偏低的茶农存在根深蒂固的使用化学农药的观念,其中在拒绝生物农药方案的16个茶农当中就有15人年龄在50岁以上,且其受教育文化程度均为小学及以下。另外,根据部分学者的研究,认知不足、质疑心理、销售情境等也是影响生物农药使用意愿和行为的重要因素<sup>[2]</sup>,因此生物农药生态环境友好、不易使害虫产生抗药性等优势可能因新技术的不确定而抵消。

除以上特征外,本文用“是否接受有关生物农药的宣传、指导或培训”考察茶农对生物农药技术的认知情况。约40%茶农通过相关农业技术培训、同类种植户推荐、农药经销商的宣传或农技推人员的介绍下或多或少的了解到生物农药,60%茶农在调研员未详细介绍生物农药情况下,未曾听说过生物农药或听说过但并不知道化学农药和生物农药二者的具体区别。由于信息的充分性是农户施用生物农药的重要前提<sup>[2]</sup>,未参加过生物农药相关宣传培训的茶农,由于其不了解生物农药的技术特性和环境特征,经历调研员解释后其认知仍然存在一定偏差,因此充分的技术认知也是重要影响因素。另外,本文用“您认为化学农药对害虫天敌的影响程度”“您认为化学农药对土壤、水、大气等环境的影响程度”“您认为化学农药对自身健康的影响程度”和“您认为化学农药对茶叶质量安全的影响程度”综合考察茶农对化学农药危害的认知情况,平均得分为3.39。其中,认为化学农药影响质量安全的得分最高,其次是自身健康,最后是害虫天敌、土壤、水和大气环境,说明茶农已经初步认

表3 变量的含义及其总体样本描述性统计

解释变量	变量含义和取值	均值	标准差
替代常数项(ASC)	方案3=1,方案1和方案2=0	0.343	0.474
方案属性变量			
不需提前使用(虚拟变量)	不需提前使用=1,需要提前使用=-1,不选择=0	0.054	0.801
缩短安全间隔(虚拟变量)	缩短安全期=1,不能缩短安全期=-1,不选择=0	0.068	0.808
针对性防治(虚拟变量)	针对性防治=1,广泛性防治=-1,不选择=0	0.014	0.811
不产生抗药性(虚拟变量)	不产生抗药性=1,产生抗药性=-1,不选择=0	0.114	0.803
防治成本(连续变量)	增加88元/亩/年=88,增加45元/亩/年=45,不选择=0	39.083	32.677
茶农特征变量			
性别	男=1,女=0	0.450	0.499
年龄	2019年时的年龄/岁	50.25	6.756
教育年限	接受学历教育的年数总和/年	8.010	3.082
种植面积	茶叶种植的面积/亩	1.202	0.533
种植收入	近3年平均每年种植茶叶收入/万元	2.012	0.724
种植经验	从事茶叶种植的时间/年	13.81	5.516
兼业程度	农业收入占家庭总收入比重/%	0.698	0.253
生物农药培训	是否接受有关生物农药的宣传、指导或培训 接受过=1 未接受过=0	0.407	0.493
化学农药危害认知	您认为化学农药对害虫天敌的影响程度 您认为化学农药对土壤、水、大气等环境的影响程度 您认为化学农药对自身健康的影响程度 您认为化学农药对茶叶质量安全的影响程度 (A非常低=1;B较低=2;C一般=3;较高=4 非常高=5) 4个题目得分加总取平均	3.399	0.654

注:方案3(现状)的所有属性均设置为0。

⑨ 在编码结构中,虚拟编码中参照组习惯编码为0,而在效果编码中参照组习惯编码为-1。

识到化学农药对农产品质量和人类健康的危害,但欠缺对生态环境的自觉保护意识。

## 四、模型估计结果

首先,运用 Stata 15.0 对属性变量进行 Mixed Logit 估计,模型 1 估计时将“不需提前使用”“缩短安全间隔期”“针对性防治”和“不易产生抗药性”4 个属性水平的系数设定为随机参数,估计得到其均值和标准差;将“替代常数(ASC)”和“防治成本”的系数设定为固定参数<sup>[33]</sup>,从而估计得到其均值。其次,在模型 1 的基础上加入茶农特征变量与替代常 ASC 的交叉项,将交叉项的系数设置为固定参数,从而估计得到交叉项的均值。最后,运用 Stata 15.0 对属性变量进行 WTP 估计,计算茶农对生物农药各个属性的支付意愿(willingness to pay)。

### (一)Mixed Logit 模型的估计结果

#### 1. 茶农对生物农药属性的偏好分析

从模型整体拟合效果来看(表 4),无论是 Mixed Logit 基础模型(模型 1)还是 Mixed Logit 交叉项模型(模型 2)的卡方统计量均在 1% 的水平下显著,表明能够估计随机化效应的模型比只能估计固定效应的模型能更好地拟合数据。

从模型 1 的随机参数均值来看,在不加入交叉项作为解释变量的情况下,通过 Mixed Logit 模型估计显示,“不需提前使用”“缩短安全间隔期”和“不易产生抗药性”属性水平的均值系数均通过 1% 的显著性检验,且符号为正,表明茶农更加偏好即防即治、用药后即时采摘、防治作用持久的生物农药病虫害控制策略。但“针对性防治”属性未通过显著性检验,表明茶农并未对广泛性防治多种病虫害或针对性防治某类病虫害策略有明显的一致性偏好。

从模型 1 的固定参数均值来看,“防治成本”均值系数符号显著为负,表明防治成本与效用水平负相关,体现出茶农更愿意通过较少的技术成本获得较多的技术效益,符合理性经济人假设。另外,“替代常数项(ASC)”均值显著为负,表明方案“1”、方案“2”能够显著提茶农效用水平,意味着受访茶农愿意尝试改变现有的化学农药控制策略。

从模型 1 的随机参数方差来看,“缩短安全间隔期”和“针对性防治”属性水平的方差系数通过 5% 或 10% 的显著性检验,表明茶农对以上两种属性水平的偏好存在明显的异质性,显示出 Mixed Logit 模型在处理异质性偏好问题方面具有灵活性,因而更加贴近现实。进一步来说,茶农在“针对性防治”属性水平的偏好异质性恰好能解释为何其均值系数不显著,据调研,由于泰安地区纬度较高,温度和湿度相比南方地区偏低,因此病虫害种类比较单一,最主要、最顽固,并能引起大面积灾害的病虫害为小绿叶蝉。有些茶农表示希望使用一种专门防治小绿叶蝉的更高效生物农药,而另一些茶农表示已拥有防治小绿叶蝉足够经验,因此广泛性防治多种病虫害的策略能够提高效用水平。另外,茶农“缩短安全间隔期”属性水平的偏好异质性原因可解释为,尽管现实中安全间隔天数越短越能减少因停止采摘所遭受的损失,但由于存在施药习惯、农药认知及环境意识的不同,部分茶农在施药时对未能严格遵守安全间隔天数规定,因而导致其对“是否缩短安全间隔”属性的认识和偏好存在差异。

#### 2. 生物农药使用意愿的茶农特征影响因素分析

为明确影响茶农选择生物农药方案的个体特征因素,在模型 1 的基础上中引入了替代常数 ASC 与茶农特征的交叉项,构建模型 2(表 4)。可以看出,加入交叉项后,模型 2 的方案属性变量的回归结果与模型 1 的结果基本一致,表明模型估计结果较为稳健。ASC 与茶农特征交叉变量的回归结果可以反映不同特征的茶农在选择“生物农药方案”与“放弃选择生物农药方案”上的差异。

回归结果表明,“ASC×教育年限”“ASC×种植收入”“ASC×化学农药认知”和“ASC×种植面积”通过 10% 及以上的显著性水平。其中,“ASC×教育年限”符号为负,表示受教育程度越高的茶农更能够接受使用生物农药的方案;这主要是因为一般受教育程度越高的茶农,对新技术的认知程度、接受能力越高,能够更加认识到化学农药的危害并减少化学农药的投入。“ASC×化学农药认知”系数为负,表示对化学农药危害的认知程度越高的茶农越倾向于选择生物农药方案,因此,对化学农药危害(如健康风险)的认知和环保意识,能促进农户采纳病虫害综合防治技术<sup>[34-35]</sup>。“ASC×种植面积”符号为正,表示同等条件下个人种植面积较大的茶农,更加倾向选择化学农药方案。针对种植面积如何影响农户化学农药施用决策,学术界存在一定的争议,体现在

病虫害控制新技术是否具有规模效应。本文认为泰安地区茶农种植规模普遍较小,生物农药技术的规模效应不明显,并且由于茶叶经济作物的特点,种植面积越大的茶农其风险规避意识越强,因此倾向于放弃作为新技术的生物农药方案。“ASC\*种植收入”的符号为负,表示种植收入越高的茶农越倾向于与选择生物农药方案,但该变量系数较小,说明在控制其他因素后种植收入对茶农是否选择生物农药的影响并不明显。

## (二)WTP模型的估计结果

### 1. 茶农对生物农药属性的支付意愿

本文在估计 Mixed Logit 基础模型(模型 1)的基础上,根据式(5),运用 Stata 15.0 对样本进行 WTP 估计,但由于采用效果编码(effect coding),将支付意愿测算结果乘以 2(结果见表 5)。根据 Mixed Logit 基础模型(模型 1),茶农对生物农药“不需提前使用”“缩短安全间隔期”和“不易产生抗药性”属性的偏好在 1% 水平上显著,而“针对性防治”属性的偏好未通过显著性检验,即茶农对该属性不存在一致性偏好,因此只需测算具有显著偏好的属性。具体到每个属性的接受额度上,相比“需提前使用”的生物农药,茶农愿为“不需提前使用”(即防即治)的生物农药多支付 16.974 元/亩/年;相比“不能缩短安全间隔期”的生物农药,茶农愿为“能缩短安全间隔期”(即时采摘)的生物农药多支付 22.250 元/亩/年;相比“易产生抗药性”的生物农药,茶农愿为“不易产生抗药性”(药效持久)的生物农药多支付 11.272 元/亩/年。从意愿支付金额看出,茶农最注重生物农药的“缩短安全间隔期”属性,原因在于茶叶的多期采摘和高经济效益特点;其次为“不需提前使用”属性,原因在于其长期沿袭的“见虫就杀”的化学农药施用方式,对于生物农药“防治结合”理念并未完全接受;最后为“不生抗药性”属性,尽管茶农对该属性水平也有明显偏好,但并不愿意支付较高的价格,可能原因在于样本茶农规模较小,仅自家使用生物农药而周边茶农使用化学农药,生物农药病虫害抗药性的优势也并不凸显。

如果以化学农药属性“不需提前使用”“不能缩短安全间隔”和“易产生抗药性”为基准,生物农药在“缩短安全间隔”和“不易产生抗药性”两个属性上有优势,并且支付意愿为正,有利于生物农药技术的采纳。但在“不需提前使用”属性方面,茶农的支付意愿为负,说明该属性对茶农用生物农药代替化学农药起反作用。

### 2. 茶农对不同生物农药的支付意愿

根据表 5 的结果,粗略估计生物农药由其属性决定的经济价值(表 6),选取控制茶叶病虫害的 4 种主要生物农药,分别为鱼藤酮、苦参碱、苏云金杆菌及白僵菌。排除“针对性防治”这一支付意愿不显著的属性,可以看出,4 种生物农药按照属性加总所计算出的意愿支付均低于根据市场价格计算的 actual 支付,这表明生物农药的市场价值中还含有不可观测的外部性特征,如易分解、低残留等环境友好特征属性。而如果这一部分特征属性被忽视,容易导致茶农意愿支付小于实际支付,进而导致对生物农药的使用意愿下降。因此,政府建立补贴制度,对采纳生物农药绿色防控措施的农民进行

表 4 Mixed Logit 模型的估计结果

变量	Mixed Logit 模型					
	模型 1(Mixed Logit 基础模型)			模型 2(Mixed Logit 交叉项模型)		
	Coef	Std. Err.	P> z	Coef.	Std. Err.	P> z
随机参数均值						
不需提前使用	0.211***	0.043	0.000	0.254***	0.049	0.000
缩短安全间隔	0.276***	0.046	0.000	0.298***	0.053	0.000
针对性防治	0.042	0.047	0.378	0.089	0.055	0.108
不易产生抗药性	0.140***	0.047	0.000	0.210***	0.055	0.000
固定参数均值						
防治成本	-0.025***	0.002	0.000	-0.029***	0.003	0.000
替代常数项(ASC)	-1.549***	0.152	0.000	-3.667***	1.243	0.003
随机参数方差						
不需提前使用	-0.005	0.117	0.967	-0.108	0.192	0.575
缩短安全间隔	-0.116**	0.057	0.044	-0.226**	0.109	0.037
针对性防治	0.017*	0.010	0.092	0.259**	0.114	0.023
不易产生抗药性	0.011	0.077	0.156	0.210	0.055	0.452
交叉项参数均值						
ASC×性别	—	—	—	-0.248	0.227	0.275
ASC×年龄	—	—	—	0.030	0.021	0.151
ASC×教育年限	—	—	—	-0.145***	0.039	0.000
ASC×种植面积	—	—	—	0.738*	0.433	0.089
ASC×种植收入	—	—	—	-0.0002***	0.000	0.000
ASC×种植经验	—	—	—	0.0159	0.023	0.492
ASC×兼业程度	—	—	—	-0.027	0.115	0.816
ASC×生物农药培训	—	—	—	0.231	0.238	0.332
ASC×化学农药认知	—	—	—	-1.035***	0.180	0.000
LR chi2(4)	135.690			16.650		
Log likelihood	-1149.759***			-1016.750***		
观测值个数	3600			3600		

注:①\*、\*\*、\*\*\*分别代表 10%、5%、1% 的显著水平;②实验对象为 200 名茶农,每个茶农总共做出 6 次选择,每次选择包括 3 种方案,因此共有 200×6×3=3600 个观测值。

表 5 生物农药各属性意愿支付

属性水平	“不需提前使用”	“缩短安全间隔”	“不易产生抗药性”
平均支付意愿(WTP)	-16.974 元/亩/年	22.250 元/亩/年	11.272 元/亩/年
最低支付意愿(l)	-24.342 元/亩/年	14.482 元/亩/年	3.946 元/亩/年
最高支付意愿(u)	-9.606 元/亩/年	30.021 元/亩/年	18.596 元/亩/年

注:l和u为WTP下界和上界。

合理补贴, 补偿农户使用生物农药的正外部性特征, 同时加强生物农药提升产品质量安全和保护环境认知, 从而提升其意愿支付。

表 6 4 种生物农药的意愿支付及实际支付

属性	鱼藤酮	苦参碱	苏云金杆菌	白僵菌
是否提前使用	提前使用	提前使用	提前使用	提前使用
是否缩短安全间隔	显著缩短安全间隔期	不能显著缩短安全间隔	显著缩短安全间隔期	显著缩短安全间隔期
是否产生抗药性	不易产生抗药性	不易产生抗药性	不易产生抗药性	不易产生抗药性
意愿增加成本	16.802 元/年/亩	-5.702 元/年/亩	16.802 元/年/亩	16.802 元/年/亩
实际增加成本	73 元/年/亩	59 元/年/亩	72 元/年/亩	71 元/年/亩

注: ①根据科技特派员的针对性访谈得出 4 类生物农药的属性水平和农药价格; ②以“不需提前使用”“不能缩短安全间隔”和“易产生抗药性”的属性水平为基准, 意愿支付为 0; ③鱼藤酮每亩约使用 100mL(2.5%), 农药价格 23 元/亩/年; 苦参碱每亩约使用 80mL(0.3%), 农药价格 9 元/亩/年。苏云金杆菌每亩约使用 250mL(8000IU/微升), 农药价格 22 元/亩/年; 白僵菌每亩约使用 30 克(400 亿个孢子/克), 农药价格 21 元/亩/年。按照化学农药 10 元/亩/年, 生物农药比化学农药平均多施用 1.5 次, 增加人工成本  $1.5 \times 40 = 60$  元/亩/年, 4 类生物农药实际增加成本 73、59、72 及 71 元/亩/年。

## 五、结论及对策建议

本文通过对山东省泰安市部分典型茶园茶农的选择实验及特征数据分析, 识别了病虫害控制管理过程中生物农药的关键技术属性, 并运用 Mixed Logit 模型和 WTP 模型分析了茶农对生物农药的属性偏好、支付意愿及个体特征影响因素。主要结论如下: 一是选择生物农药方案能提高茶农效用水平, 因此大部分茶农愿意改变现有的化学农药控制策略; 二是茶农对施药付出成本关注度高, 一般情况下更愿意选择成本较低的方案, 即付出较少的技术成本获得较多的技术效益; 三是就具体属性而言, 茶农更加偏好即防即治、用药后即时采摘、防治效果持久的生物农药病虫害控制策略; 四是种植面积越小、受教育年限越长、化学农药危害认知程度越高的茶农越倾向于选择生物农药; 五是茶农对以上三种生物农药属性水平的支付意愿分别为 16.974、22.250 和 11.272 元/亩/年, 相比化学农药, 大多数生物农药在“缩短安全间隔期”及“不产生抗药性”方面具有优势, 正向的支付意愿能提升其采纳水平, 但对“不提前使用”的偏好是制约农户采纳生物农药的关键因素。六是生物农药实际支付成本高于其各属性加总的意愿支付成本, 所以要密切关注生物农药的外部性问题。

据此提出以下建议: 首先, 在生物农药研发当中, 生产企业应重点关注农户对策略属性的偏好, 加大技术创新, 优化产品属性, 降低生产成本; 其次, 在生物农药理念培育当中, 政府应重点宣传“以防为主, 防治结合, 综合治理”的病虫害控制理念, 鼓励农户从源头控制病虫害的繁殖或蔓延, 提升农户质量安全、自身健康和环境保护意识, 加强对化学农药危害认知。再者, 在生物农药推广阶段, 经销商及农技推广人员应重点向农户普及生物农药的低毒、天敌友好、不易使病虫害产生抗药性等特点, 政府应坚持以绿色农业为导向, 建立健全相应生物农药的补贴机制, 对采纳生物农药绿色防控措施的农民进行合理补贴, 用以补偿农户使用生物农药的正外部性收益。

## 参考文献

- [1] 米建伟, 黄季焜, 陈瑞剑, 等. 风险规避与中国棉农的农药施用行为[J]. 中国农村经济, 2012(7): 60-71, 83.
- [2] 郭利京, 王颖. 农户生物农药施用为何“说一套, 做一套”?[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(4): 71-80, 169.
- [3] 宁满秀, 吴小颖. 农业培训与农户化学要素施用行为关系研究——来自福建省茶农的经验分析[J]. 农业技术经济, 2011(2): 27-34.
- [4] 黄祖辉, 钟颖琦, 王晓莉. 不同政策对农户农药施用行为的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(8): 148-155.
- [5] 姜健, 周静, 孙若愚. 菜农过量施用农药行为分析——以辽宁省蔬菜种植户为例[J]. 农业技术经济, 2017(11): 16-25.
- [6] 郭利京, 王少飞. 基于调节聚焦理论的生物农药推广有效性研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(4): 126-134.
- [7] 郭利京, 赵瑾. 认知冲突视角下农户生物农药施用意愿研究——基于江苏 639 户稻农的实证[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(2): 123-133, 154.
- [8] 王建华, 马玉婷, 李俏. 农业生产者农药施用行为选择与农产品安全[J]. 公共管理学报, 2015, 12(1): 117-126, 158.
- [9] HEADLEY J C. Estimating the productivity of agricultural pesticides[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1968(50): 13-23.
- [10] LICHTENBERG E, ZILBERMAN D. The econometrics of damage control: Why specification matters[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1986(68): 261-273.
- [11] BABCOCK, BRUCE A, BERG E L et al. The impacts of damage control on the quantity and quality of output: Estimating pest control effectiveness[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1992(74): 163-172.
- [12] 朱淀, 孔霞, 顾建平. 农户过量施用农药的非理性均衡: 来自中国苏南地区农户的证据[J]. 中国农村经济, 2014(8): 17-29, 41.
- [13] 李昊, 李世平, 南灵. 农药施用技术培训减少农药过量施用了吗?[J]. 中国农村经济, 2017(10): 80-96.

- [14] 李洁. 长三角地区农田化肥投入快速增长的经济学诱因分析[J]. 生态与环境学报, 2008, 24(2): 52-56.
- [15] 刘华, 黄俊, 吕开宇, 等. 现实与理性的冲突: 农民真的过量施用农业化学品了吗? ——基于文献的视角[J]. 新疆大学学报(哲学·人文社会科学版), 2015, 43(6): 35-41.
- [16] LAMB R L. Fertilizer use, risk, and off-farm labor markets in the semi-arid tropics of India[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2003, 85(2): 359-371.
- [17] 钟文晶, 邹宝玲, 罗必良. 食品安全与农户生产技术行为选择[J]. 农业技术经济, 2018(3): 16-27.
- [18] 蔡荣, 汪紫钰, 钱龙, 等. 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[J]. 中国农村观察, 2019(1): 51-65.
- [19] 张军伟, 张锦华, 吴方卫. 中国粮食生产中农药高强度施用行为之经济学分析[J]. 财经理论与实践, 2018, 39(3): 140-146.
- [20] FAUSTIN V, ANSELME A, RIGOBERT T, et al. Control of vegetable pests in Benin—Farmers’ preferences for eco-friendly net as an alternative to insecticides[J]. *Journal of Environmental Management*, 2015(147): 95-107.
- [21] 耿宇宁, 郑少锋, 刘婧. 农户绿色防控技术采纳的经济效应与环境效应评价——基于陕西省猕猴桃主产区的调查[J]. 科技管理研究, 2018, 38(2): 245-251.
- [22] 黄炎忠, 罗小锋. 既吃又卖: 稻农的生物农药施用行为差异分析[J]. 中国农村经济, 2018(7): 63-78.
- [23] 田家榛, 孙炜琳. 设施蔬菜农户病虫害综合防控行为风险评估——基于贝叶斯分类统计方法的实证分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(2): 21-30.
- [24] 傅新红, 宋汶庭. 农户生物农药购买意愿及购买行为的影响因素分析——以四川省为例[J]. 农业技术经济, 2010(6): 120-128.
- [25] LANCASTER K J. A new approach to consumer theory[J]. *The Journal of Political Economy*, 1966, 74(2): 132-157.
- [26] TRAIN K E. *Discrete choice methods with simulation*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003: 135-168.
- [27] CHRISTENSEN T, PEDERSEN A B, NIELSEN H O et al. Determinants of farmers’ willingness to participate in subsidy schemes for pesticide-free buffer zones—A choice experiment study[J]. *Ecological Economics*, 2011(8), 1558-1564.
- [28] 俞振宁, 谭永忠, 茅铭芝, 等. 重金属污染耕地治理式休耕补偿政策: 农户选择实验及影响因素分析[J]. 中国农村经济, 2018(2): 109-125.
- [29] 李想, 陈宏伟. 农户技术选择的激励政策研究——基于选择实验的方法[J]. 经济问题, 2018(3): 52-56, 65.
- [30] 翟国梁, 张世秋, ANDREAS K, 等. 选择实验的理论和应用——以中国退耕还林为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2007(2): 235-239.
- [31] MEYERHOFF J, LIEBE U. Status quo effect in choice experiments: Empirical evidence on attitudes and choice task complexity[J]. *Land Economics*, 2009, 85(3): 515-528.
- [32] 谭永忠, 陈佳, 王庆日, 等. 基于选择试验模型的基本农田非市场价值评估——以浙江省德清县为例[J]. 自然资源学报, 2012, 27(11): 1981-1994.
- [33] HENSHER D A, GREENE W H. The mixed Logit model: The state of practice[J]. *Transportation*, 2003, 30(2): 133-176.
- [34] 储成兵. 农户病虫害综合防治技术的采纳决策和采纳密度研究——基于 Double-Hurdle 模型的实证分析[J]. 农业技术经济, 2015(9): 117-127.
- [35] 喻永红, 韩洪云. 农民健康危害认知与保护性耕作措施采用——对湖北省稻农 IPM 采用行为的实证分析[J]. 农业技术经济, 2012(2): 54-62.

## Study on the Preference of Tea Farmers’ Biological Pesticides and Willingness to Pay: An Empirical Analysis Based on Selection Experiment

Zhao Xiaoying, Zheng Jun, Zhang Mingyue

(Institute of Finance and Economics, Shandong University of Science and Technology, Taian 271000, Shandong, China;  
School of Economics and Management, Shandong Agricultural University, Taian 271000, Shandong, China)

**Abstract:** This article empirically analyzes the preference and willingness to pay in biological pesticide by using the selection experiment and mixed Logit model. The results show as follows. Most tea farmers are willing to try to use biological pesticides, and prefer the pesticide properties of “shortening safety interval”, “not using in advance” and “not developing drug resistance”. However there is preference heterogeneity in “shortening safety interval” and “targeting prevention”. Tea farmers with small planting area, long years of education, and high awareness of chemical pesticide hazards tend to choose biological pesticides. Tea farmers are willing to pay 16.974, 22.250 and 11.272 yuan / mu / year respectively for the optimization of the above three attribute levels. The actual payment cost of biological pesticides is higher than the willingness to pay the total cost of its various attributes. Attention should be paid to the externalities of biological pesticides.

**Keywords:** choice experiment; biological pesticides; strategic attributes; mixed Logit; willings to pay(WTP)