

农药包装废弃物回收差别化补偿标准测算*

——基于陕西省 1060 个果蔬种植户的分析

刘霁瑶^{1,2} 倪琪^{1,2} 姚柳杨³ 卢玮楠^{1,2} 赵敏娟^{1,2}

摘要：本文通过陕西省 4 个县 8 个乡镇 1060 个果蔬种植户的实地调查数据，借助条件价值评估法和选择实验分别测算果蔬种植户对参与农药包装废弃物基础回收方案和额外回收方案的受偿意愿，使用随机参数 Logit 模型识别果蔬种植户对不同农药包装废弃物回收方案的偏好并测算差别化的补偿标准。研究结果表明：第一，不同果蔬种植户对额外回收方案指标的偏好存在显著的差异。第二，果蔬种植户参与农药包装废弃物基础回收方案的补偿标准是 22.12 元/年，相当于当年农药购买费用的 0.78%；果蔬种植户参与农药包装废弃物额外回收方案的额外补偿标准是 82.85 元/年，占当年农药购买费用的 2.9%；总补偿标准是 104.97 元/年，占当年农药购买费用的 3.68%。本文认为，针对不同农药包装废弃物回收方案，需要考虑制定差别化的补偿标准。

关键词：农药包装废弃物回收 补偿标准 差别化补偿 选择实验 条件价值评估法

中图分类号：F062.1 文献标识码：A

一、引言

随着农业生产水平的提高以及现代农业集约化和规模化发展，农药的施用量大幅增加，与此同时，农药包装废弃物数量呈现不断增长的态势。据统计，中国每年所需的农药包装物高达 100 亿个，被随意丢弃的农药包装废弃物超过 30 亿个，重量约有 10 万吨以上（郗建荣，2015）。农药包装废弃物的危害相较于一般农业生产废弃物更加严重（魏珣、杜志雄，2018）。一方面，塑料制成的农药包装物不易降解，对土壤和农作物生长造成严重污染；另一方面，农药包装废弃物中通常含有 2%~5% 的农药残液，被丢弃后直接进入水体或土壤环境，进一步危害环境和人体健康（Recena et al., 2006；邹坤，2011）。为解决农药包装废弃物的污染问题，2018 年农业农村部转发四川省农业厅、环境保护厅、财政厅《关于加强农药包装废弃物回收处置工作的意见》，提出“以农药经营者为主体，全面开

*本文研究得到国家社会科学基金重大项目“生态文明建设背景下自然资源治理体系构建：全价值评估与多中心途径”（项目编号：15ZDA052）以及农业农村部、财政部重点专项基金项目“国家现代农业产业技术体系（燕麦荞麦）”（项目编号：CARS-07-F-1）的资助。感谢匿名审稿专家的中肯意见，文责自负。本文通讯作者：赵敏娟。

展押金制、有偿回收制、补贴代储等回收试点，确保农药使用者将农药包装废弃物交回回收点”^①。2020年8月，农业农村部 and 生态环境部公布《农药包装废弃物回收处理管理办法》，明确了农药生产者、经营者、使用者相应的回收处理义务及要求^②。由此可见，实施农药包装废弃物回收是改善农村生态环境、促进农业可持续发展的重要举措。

当前，学术界对农药包装废弃物回收已展开较多研究。一些学者探讨了各国农药包装废弃物回收模式，例如澳大利亚的“农户付费+农户交还”回收模式（王子君等，2016），法国的“企业付费+农户交还”回收模式（郭利京、王颖，2018），中国杭州市的“政府购买+农户交还”和上海市的“政府购买+回收员上门”回收模式（扈映，2015；李美叶、郑振涛，2013）以及加拿大的“企业付费和政府购买+农户交还”回收模式（李志涛等，2015）等。从各国众多实践模式可以看出，“农户”是农药包装废弃物回收中的关键参与者。鉴于在未来很长一段时间内，小农户仍然是中国农业经营的主体（陈锡文，2018），且现阶段喷药环节多由农户自己完成，较少采用托管或购买社会化服务方式（冀名峰、李琳，2020；姚春生等，2021），因此，有必要从农户视角研究农药包装废弃物回收问题。有学者分析了农户农药包装废弃物回收现状及问题，并提出相应对策（例如焦少俊等，2012；岳瑾等，2014；Mohanty et al., 2013；Jallow et al., 2017）。其中，焦少俊等（2012）、岳瑾等（2014）认为应该将农药包装废弃物回收补贴常态化，采取激励与监督共抓的方式，提高农户回收积极性。进一步地，部分学者探索了农户参与农药包装废弃物回收的意愿或行为及其影响因素（例如蒋琳莉等，2014；李成龙等，2021；赵艺华、周宏，2021；Bondori et al., 2018；Li et al., 2020）。其中，赵艺华、周宏（2021）的实证研究表明，与没有奖惩政策地区的农户相比，有奖惩政策地区的农户选择实施农药包装废弃物回收行为的概率较高；李成龙等（2021）通过研究社会规范和经济激励对农户农药包装废弃物回收行为的影响，发现经济激励的作用效果较优。梳理上述相关文献可以得出，众多学者已经认同生态补偿对于激励农户参与回收农药包装废弃物具有重要作用。

生态补偿这一经济手段可以解决农药包装废弃物回收的正外部性问题。在生态补偿设计中，补偿标准是核心和难点（柳荻等，2019），其合理性不仅关系到补偿政策对农户的激励效应，也关乎补偿资金的使用效率（龙耀，2018）。目前，生态补偿标准测算依据有实施保护行为的机会成本（Thuy et al., 2009）、生态系统服务价值（欧阳志云等，2013）以及实施保护行为的机会成本与私人收益之差（Pagiola and Platais, 2007）等，尚未有统一定论。当农户由于提供具有正外部性的生态保护行为而产生福利损害时，研究多采用受偿意愿（willingness to accept, WTA）测算补偿标准。这种补偿标准测算依据既能发挥对农户的激励作用，同时能实现政策实施的成本有效性（徐涛等，2016；俞振宁等，2017；李晓平等，2019）。但是，目前尚未有研究测算农药包装废弃物回收的补偿标准。

对于农药包装废弃物回收的补偿标准设计，一方面要考虑适中的补偿金额，另一方面要考虑是否

^①资料来源：《关于转发四川省农业厅、环境保护厅、财政厅〈关于加强农药包装废弃物回收处置工作的意见〉的通知》，http://www.moa.gov.cn/xw/zxfb/201811/t20181108_6162584.htm。

^②资料来源：《农药包装废弃物回收处理管理办法》，http://www.zfs.moa.gov.cn/flfg/202008/t20200828_6351145.htm。

采取差别化补偿标准。目前差别化生态补偿研究与实践主要集中在区域性差别化补偿和个体性差别化补偿两方面。一些学者指出,生态环境污染类型、自然资源利用方式、生态环境禀赋、社会经济发展等方面存在区域性差异,在生态补偿标准的制定过程中需要考虑区域性差别化补偿标准(于岚岚等, 2012; Mensah et al., 2017; 刘春腊等, 2014; 宋敏、金贵, 2019)。例如,陈海江等(2019)研究发现不同积温带下农户粮豆轮作的受偿意愿存在显著差异,建议针对不同积温带制定差异化的补偿标准。还有一些学者认为生态补偿设计需要考虑公众意识以及农户种植经营的个体性差异(崔艳智等, 2017; 周洁等, 2019)。例如,胡振通等(2015)提出草畜平衡奖励标准差别化需要考虑牧户的超载程度、草场承包面积、草地生产力和每羊单位的畜牧业纯收入等因素。虽然现有研究已经将区域因素和个体因素考虑到差别化补偿标准的设计中,但是较少关注不同生态保护方案相应的差别化补偿标准。

针对农药包装废弃物回收方案的差别化补偿标准,主要体现在两个方面。首先,不同回收方案的机会成本和生态收益存在差异。在实践中,许多运行良好的生态补偿项目针对不同的具体措施通常制定差别化的补偿标准。例如,德国巴伐利亚州生态农业项目的补偿标准因具体措施不同而异(刘丽, 2010)。其次,在具体实践过程中,由于农户认知较低、回收基础设施建设较慢等原因,最优回收方案难以立即实现。通过实施不同回收方案及差别化补偿标准可以逐步推进回收工作。一方面,通过实施不同回收方案有助于促进具有不同回收意愿和能力的农户参与农药包装废弃物回收;另一方面,通过对参与最优回收方案的农户进行更高补偿,从而对其他农户产生一定示范作用和激励作用。但是,目前农药包装废弃物回收在实施区域内采取统一的回收方案和补偿标准,尚未考虑农户对农药包装废弃物回收方案的偏好以及农户愿意接受的补偿水平,这既难以调动农户的积极性,又增加了政府的财政负担。因此,研究差别化回收补偿标准测算对于推进农药包装废弃物回收具有重要意义。

与已有文献相比,本文的主要贡献体现在以下两个方面。第一,本文首次将陈述偏好法——条件价值评估法和选择实验应用在农药包装废弃物回收研究领域,测算果蔬种植户对农药包装废弃物回收方案的受偿意愿,拓宽了陈述偏好法的应用范围。第二,本文识别果蔬种植户对不同农药包装废弃物回收方案的偏好并测算差别化的补偿标准,填补了农药包装废弃物回收补偿标准测算研究的空白,丰富了现有的差别化补偿标准研究。

二、理论分析

(一) 基于效用最大化的生态补偿标准

生态环境变化会影响消费者的效用函数进而对其福利产生影响(陈海江等, 2019)。因此,农户参与回收农药包装废弃物行为将同时产生两方面的结果:一方面改善了生态环境,从而增加农户的效用;但另一方面增加了农户的生产成本,从而减少农户的效用。

不同农药包装废弃物回收方案会生产不同数量的生态产品,同时会产生不同的生产成本。因此,假设生态产品生产函数和成本函数是农药包装废弃物回收方案 r 的函数,分别表示为 $M(r)$ 和 $N(r)$ 。生态产品生产函数 $M(r)$ 和成本函数 $N(r)$ 分别为单调递增凹函数和单调递增凸函数。此外,假设 P 为生态产品价格矢量,即每1个单位的生态产品所产生的价值,那么,农户私人生态收益为 $W(r)$:

$W(r)=P \times M(r)$ 。农户参与回收农药包装废弃物所带来的生态环境效应中，一部分为农户的私人生态收益，另一部分为社会公众享用的外部性收益。因此，假设参与回收农药包装废弃物带来的外部性收益是私人生态收益的若干倍数，即外部性收益为 $E(r)$ ： $E(r)=A \times W(r)$ ， $A>0$ 。为了激励农户参与回收农药包装废弃物，政府进行生态补偿，补偿标准为 $C(r)$ 。但是，政府不能直接观测到农户生产成本的增加，只能通过参与回收农药包装废弃物带来的外部性收益来间接制定补偿标准，从而有：

$$C(r) = S + c \times E(r) \quad (1)$$

(1) 式中， S 是固定补偿标准， c ($0 \leq c \leq 1$) 是外部性收益的分成。

农户是理性经济人，任何经济行为的目标均是效用最大化。农户效用最大化的表达式如下：

$$\begin{aligned} \text{Max}(r) U_{farmer} &= W(r) + C(r) - N(r) \\ &= PM(r) + S + cAPM(r) - N(r) \end{aligned} \quad (2)$$

农户效用最大化的条件为一阶导数等于 0，即：

$$\frac{\partial U}{\partial r} = PM'(r) + cAPM'(r) - N'(r) = 0 \quad (3)$$

另外，政府需要在最大化生态环境改善的同时，实现支出最小化。因此，政府农药包装废弃物回收补偿决策的经济学模型为：

$$\begin{cases} \text{Max}(S, c) U_{government} = E(r) - C(r) = (1-c) APM(r) - S \\ \text{s.t. } W(r) + C(r) - N(r) \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

根据 (4) 式构造拉格朗日函数为：

$$L = (1-c) APM(r) - S + \lambda[S + cAPM(r) + PM(r) - N(r)] \quad (5)$$

此拉格朗日函数的库恩—塔克一阶条件为：

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial S} \leq 0, S \geq 0, \text{ 且 } S \frac{\partial L}{\partial S} = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial c} \leq 0, c \geq 0, \text{ 且 } c \frac{\partial L}{\partial c} = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} \leq 0, \lambda \geq 0, \text{ 且 } \lambda \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

根据互补松弛定理，当 $\lambda > 0$ ，且 $S > 0$ ， $c > 0$ 时，(6) 式则变为：

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial S} = -1 + \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial c} = (-1 + \lambda) PM(r) + [(1-c + \lambda c) APM'(r) + \lambda PM'(r) - N'(r)] \frac{\partial r}{\partial c} = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = S + (1+cA) PM(r) - N(r) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

由于需要农户效用最大化和政府效用最大化同时实现，因此联立（3）式和（7）式，可得：

$$\begin{cases} \lambda=1 \\ c=1 \\ S=N(r)-(1+A)PM(r) \end{cases} \quad (8)$$

由（8）式可知， $c \neq 0$ ，表明不同的农药包装废弃物回收方案应该采取差别化的补偿标准。将（8）式代入（1）式，可得：

$$C(r)=N(r)-PM(r) \quad (9)$$

（9）式表明，激励农户参与农药包装废弃物回收的最低补偿标准应为农户参与回收的经济成本减去农户因生态环境改善而获得的私人收益。

（二）农药包装废弃物回收方案对生态补偿标准的影响

为探究农药包装废弃物回收方案会如何影响生态补偿标准，需要将 $C(r)$ 对 r 求导，可得：

$$\frac{\partial C(r)}{\partial r}=N'(r)-PM'(r) \quad (10)$$

由（8）式可知， $c=1$ ，并结合（3）式可得： $N'(r) > PM'(r)$ ，即农户参与回收农药包装废弃物的边际生产成本大于其获得的边际生态收益。因此， $\partial C(r)/\partial r > 0$ ，说明农药包装废弃物回收工作量越大，即农户需要在回收环节投入越多，补偿标准也就越高。这也意味着不同的农药包装废弃物回收方案应该采取差别化的补偿标准。

三、研究方法

目前，陈述偏好法（stated preference, SP）是测算受偿意愿的主流方法（姚柳杨，2018），通过构建假想市场获取受访者的受偿意愿。陈述偏好法包括条件价值评估法（contingent valuation method, CVM）和选择实验（choice experiment, CE）。本文探索的是回收农药包装废弃物的差别化补偿标准，因此将农药包装废弃物回收方案分为基础回收方案和额外回收方案，并根据条件价值评估法和选择实验的优势和劣势，应用条件价值评估法测算果蔬种植户参与基础回收方案的受偿意愿，应用选择实验测算果蔬种植户参与额外回收方案的受偿意愿。果蔬种植户只有在愿意参与基础回收方案的情况下，才会被询问其参与额外回收方案的受偿意愿。因此，果蔬种植户参与农药包装废弃物回收方案的总受偿意愿为参与基础回收方案的受偿意愿加上参与额外回收方案的受偿意愿。

（一）条件价值评估法（CVM）

本文将基础回收方案定义为“农户收集好农药包装废弃物，由专门人员上门回收”，并将使用条件价值评估法测算果蔬种植户对基础回收方案的受偿意愿。条件价值评估法是应用最为广泛的陈述偏好法（Carson, 2001），用于对特定政策方案的受偿意愿估计（Dachary-Bernard and Rambonilaza, 2012）。条件价值评估法的问卷结构简单且对受访者理解力的要求较低，其调查方式主要包括连续型（开放式、投标博弈式、支付卡式）和离散型（单边界二分式、双边界二分式）。根据预调查结果，笔者发现近

一半的果蔬种植户对基础回收方案的受偿意愿为 0 元。为了完全反映这部分果蔬种植户的真实意愿，本文采用更为简明易懂的开放式条件价值评估法。在开放式条件价值评估法中，受偿意愿的计算如下：

$$E(WTA) = \frac{\sum WTA_n}{Q} \quad (11)$$

(11) 式中， WTA_n 为第 n 个果蔬种植户的受偿意愿， Q 表示受访者总数。

(二) 选择实验 (CE)

本文将额外回收方案定义为“农户清洗分类好农药包装废弃物并交至指定的回收点”，并将使用选择实验测算果蔬种植户对额外回收方案的受偿意愿。相对于条件价值评估法，选择实验是更为前沿的环境价值评估方法 (Azevedo and Christica, 2009)。选择实验可以将环境政策目标分解为多个指标，通过调整指标的赋值测算出受访者对不同目标方案的受偿意愿，具有很强的灵活性，但其问卷设计复杂且对受访者理解力的要求较高 (Hanley et al., 1998; Azevedo and Christie, 2009)。目前，选择实验已经应用在自然资源保护 (Christie et al., 2007; 孙博等, 2017; 李晓平等, 2019; 樊辉等, 2016)、节水灌溉技术采用 (徐涛等, 2016)、共同投资沼气池 (Zemo and Termansen, 2018) 等研究领域，但尚未应用在农药包装废弃物回收研究领域。

选择实验是基于随机效用理论来揭示受访者福利变动的方法。受访者 n 在所有 J 个额外回收方案中选择额外回收方案 i 所获得的效用可表示为：

$$U_{n,i} = V_{n,i}(\beta_n) + \varepsilon_{n,i} = \delta_n \times ASC + \alpha_n X_i + \gamma_n P_i + \varepsilon_{n,i} \quad (12)$$

(12) 式中， $V_{n,i}(\beta_n)$ 是基于参数 β_n 可观测的代表效用函数； $\varepsilon_{n,i}$ 是不可观测的随机效用，通常假定该项服从 Gumbel 分布。代表效用函数通常是线性的形式 (Hensher and Greene, 2003)。其中， ASC 是特定选择常数 (alternative specific constant)，用于表示无额外回收方案下的平均效用。基于本文的选择实验设计， ASC 在无额外回收方案时取值为 1，否则取值为 0。矢量 X_i 是用于受偿意愿测算的指标在额外回收方案 i 下的取值， P_i 是额外回收方案 i 中的补偿金。 $\beta_n = \{\delta_n, \alpha_n, \gamma_n\}$ ，是待估的个体参数，反映个体 n 对指标的偏好程度。其中， δ_n 表示个体对无额外回收方案的支持程度， α_n 和 γ_n 分别表示个体对额外回收方案指标和补偿金指标的偏好程度。那么，受访者 n 在 J 个额外回收方案下选择 i 而不选择 j 的概率为：

$$\begin{aligned} p_{n,i} &= \text{prob}(V_{n,i} + \varepsilon_{n,i} > V_{n,j} + \varepsilon_{n,j}, \forall j \neq i) \\ &= \frac{e^{V_{n,i}(\beta_n)}}{\sum_J e^{V_{n,i}(\beta_n)}} = \int \left(\frac{e^{V_{n,i}(\beta_n)}}{\sum_J e^{V_{n,i}(\beta_n)}} \right) f(\beta) d\beta \end{aligned} \quad (13)$$

研究者并不能观测到 β_n ，但可以对 β_n 在总体中的分布 $f(\beta)$ 做出假定。当 $f(\beta) = 1$ 时，表明： $\beta_n = \beta$ ，即所有受访者对同一指标的偏好是同质的。此时 (13) 式属于多项 Logit 模型。当 $f(\beta)$ 为连续型的概率密度函数 (如正态分布、对数正态分布、三角分布、伽马分布等) 时，(13) 式属于随

机参数 Logit 模型。较传统的 Logit 模型，随机参数 Logit 模型最大限度地放宽了“无关备择选项的独立性 (independence from irrelevant alternatives, IIA)”假定，在受访者对福利指标的边际偏好中纳入了不可观测的因素，可以估计出受访者不可观测的偏好异质性，更贴近现实情况（徐涛等，2016）。

本文使用随机参数 Logit 模型估计出参数后，受访者对额外回收方案的边际受偿意愿 (marginal willingness to accept, MWTA)，可以用 (14) 式计算：

$$MWTA_n = -\frac{\alpha_n}{\gamma_n} \quad (14)$$

在此基础上，通过计算补偿剩余 (compensating surplus, CS) 可得到受访者参与额外回收方案的补偿标准，公式如下：

$$CS_i = -\frac{1}{\gamma_n}(V_0 - V_i) \quad (15)$$

(15) 式中， V_0 表示受访者不参与额外回收方案时的福利水平， V_i 表示受访者参与额外回收方案 i 时的福利水平。

四、数据来源

(一) 问卷设计

为了获得果蔬种植户真实的受偿意愿，本文利用彩色卡片展示农药包装废弃物污染现状和农药包装废弃物回收处置流程，再结合文字描述来帮助受访者理解 CVM 问卷和 CE 问卷。

1.CVM 问卷设计——基础回收方案。在正式问卷中，调查组将询问果蔬种植户基础回收方案受偿意愿的问题设计为“假如只需要您收集好农药包装废弃物，由专门人员上门回收，最少补偿您当年购买农药总费用的百分之多少，您才愿意参与回收？”。

2.CE 问卷设计——额外回收方案。额外回收方案的指标及水平值的选取是 CE 问卷设计和模型估计的关键。《农药包装废弃物回收处理管理办法》强调，“鼓励农药使用者在施用过程中通过多次清洗等方式减少、清除农药包装废弃物内的残留农药，妥善收集农药包装废弃物并及时交回农药经营者”^①。另外，各地方政府出台的农药包装废弃物回收方案要求农户清洗、分类农药包装废弃物并交回指定的农药包装废弃物回收点（刘刚，2018；蒋琰，2019）。因此，调查组初步确定了以清洗、分类和回收点距离作为额外回收方案的指标，同时搜集文献研究和已出台的各地方农药包装废弃物回收方案，然后咨询环境科学专家，与调查区域的农药包装废弃物回收管理部门座谈以及调查当地居民，在此基础上最终确定了如表 1 所示的额外回收方案的指标及水平值。其中，标准化清洗主要按照国际标准设计，使用后的农药包装废弃物经过“三次清洗”^②后在国际上定义为无害废弃物（扈映，2015），并且“三

^①资料来源：《农药包装废弃物回收处理管理办法》，http://www.zfs.moa.gov.cn/flfg/202008/t20200828_6351145.htm。

^②“三次清洗”的具体操作为穿防护服并使用清水清洗空包装 3 次。首先，把空包装倒置 30 秒，控尽残余农药，将农药包装开口处对准喷桶，倒空全部农药；其次，在空包装内加入 25%~30% 的清水；拧紧盖子并摇晃 30 秒；再次，把清

次清洗”可以去除 99.99%的化学残留（王琰，2017）。分类指标的水平值参考已出台的地方农药包装废弃物回收方案。回收点距离和补偿程度的水平值通过预调查对调查区域 60 户果蔬种植户的深入访谈来设计。针对“您能接受的回收点距离最远是多少（公里）？”问题，有 41 户果蔬种植户回答了 2 公里以内的数值；针对“如果需要您标准化清洗达标、分类、送至 2 公里远的回收点来参与回收农药包装废弃物，请问您的家庭最少接受的额外补偿占您当年购买农药总费用的百分之多少？”问题，有 50 户果蔬种植户给出的答案介于 0~2.5%之间。因此，回收点距离和补偿金的上限分别定为 2 公里和 2.5%，然后按照等距原则分别设定了 4 个和 5 个水平值。

表 1 农药包装废弃物额外回收方案的指标及水平值

指标	指标含义	水平值
标准化清洗	在使用完农药后，采用“三次清洗”方式清洗农药包装废弃物，达到标准化清洗效果	不达标、达标
分类	将农药包装废弃物按照材质分成四类：塑料瓶、铝箔袋、玻璃瓶和其他	不分类、分类
回收点距离	离指定农药包装废弃物回收点的距离	0 公里（专门人员回收）、0.5 公里、1 公里、2 公里
补偿金	对采取上述措施额外回收农药包装废弃物的农户，将每年给予的额外补偿金表示为占农户当年购买农药总费用的比例	0.5%、1%、1.5%、2%、2.5%

实验设计是额外回收方案指标的不同水平值组合生成选择集的过程。根据本文对指标和水平值的设定，由两个额外回收方案组合而成的选择集可能有 6400^①个。若要将这 6400 个选择集全部用于选择实验调查是不现实的，因此需要使用有效实验设计对选择集的生成和分组进行优化。根据选择集的确定原则（Hensher et al., 2015）以及为了通过更大的参数估计自由度获得稳定的参数估计结果，本文将选择集的总个数设定为 30 个。为了防止受访者认知疲劳、配合失效而导致的问卷质量下降，需要在每个问卷中使用较少的选择集。本文依据预调查和以往调查的经验，在每个问卷中设计了 3 个选择集。

本文使用软件 Ngene 1.1.1 进行有效实验设计，根据隐含价格方差最小化原则生成 30 个选择集，并分为 10 组，在对包含占优策略的选择集进行调整后，得到有效实验设计的 D-error 为 0.164，A-error 为 0.234。最终，有效实验设计得到了 10 个版本（每个版本包含 3 个选择集）的 CE 问卷，每份问卷需要受访者根据自身家庭情况进行 3 次独立选择，其中的一个选择集如表 2 所示。额外回收方案 1 和额外回收方案 2 分别代表不同的额外回收方案。“不参与”选项表示受访者不参与额外回收方案。

表 2 选择实验问卷中选择集示例

额外回收方案指标	额外回收方案 1	额外回收方案 2	不参与
标准化清洗	达标	不达标	不参与额外回收方案 (以上都不选)
分类	分类	不分类	
回收点距离	1 公里	1 公里	

洗液倒入喷雾器中并倒置 30 秒，然后再将液体倒空；最后，重复以上步骤 3 次。

^① $(2 \times 2 \times 4 \times 5)^2 = 6400$ 。

农药包装废弃物回收差别化补偿标准测算

补偿金	1.5%	1%
请选择其中的一项（在□中打√）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

（二）数据获取

果蔬种植户农药施用量较多，产生的农药包装废弃物污染问题亟待解决。因此，本文以果蔬种植户作为研究对象，测算农药包装废弃物回收差别化补偿标准。陕西省延安市富县和洛川县是苹果主产区，咸阳市泾阳县和三原县是蔬菜主产区。这4个县的农药施用量均在各自所属市中位于前列，产生的农药包装废弃物数量庞大，农药包装废弃物回收政策的实施对于陕西省农村人居环境和农户的生产生活都将产生巨大的影响。调查组于2020年8月在富县、洛川县、泾阳县和三原县开展实地调查。首先，根据各县农业农村局相关部门负责人的介绍，选择各县苹果或者蔬菜种植面积最大的2个乡镇。其次，在每个样本乡镇选取村庄人口较多且分布较集中的4个行政村。最后，在每个样本村庄随机选取20~40户果蔬种植户进行入户调查。入户调查采取一对一访谈方式，受访对象主要是户主。本次共发放问卷1080份，回收信息完整问卷1073份，有效问卷1060份^①（其中，延安市573份，咸阳市487份），问卷有效率为98.15%。

受访者的性别、年龄、受教育年限、家庭总人口等基本特征如表3所示。从受访者个体特征来看，男性受访者较多，占66.23%；整体年龄偏高，平均年龄约为53岁；受教育水平偏低，平均受教育年限为8.13年。从受访者的家庭特征来看，家庭平均人口规模为4~5人；平均家庭年收入和年农业收入分别为8.63万元和4.91万元；平均家庭耕地面积为9.18亩，2019年农药购买费用平均为2854.08元。综合来看，样本特征与《陕西省统计年鉴2019》的统计数据相似，说明样本具有一定代表性。

表3 描述性统计

	均值	标准差	最大值	最小值
性别（男性=1，女性=0）	0.66	0.47	1	0
年龄（岁）	52.59	10.55	77	24
受教育年限（年）	8.13	3.03	16	0
家庭总人口（人）	4.78	1.67	13	1
家庭年收入（万元）	8.64	6.24	72.8	0.13
家庭年农业收入（万元）	4.91	5.00	55	0
家庭耕地面积（亩）	9.18	6.26	120	2
2019年农药购买费用（元）	2854.08	2346.54	30000	100

^①抗议性支付（不接受补偿）是受偿意愿调查中经常出现的问题。样本中共有13个果蔬种植户出现抗议性支付，表示无论补偿多少钱都不愿意参与农药包装废弃物回收，回收工作应该由其他部门或组织回收。参照姚柳杨（2018）的处理方式，本文将抗议性支付的样本剔除，最终获得的有效样本为1060份。

五、模型估计结果

(一) 基础回收方案的补偿标准——CVM 测算结果

根据开放式条件价值评估法得到果蔬种植户参与基础回收方案的受偿意愿，受偿意愿的频率分布如表 4 所示。根据 (11) 式，计算得到果蔬种植户参与农药包装废弃物基础回收方案的受偿意愿是 22.12 元/年，占当年农药购买费用的 0.78%。

表 4 受偿意愿的频率分布

受偿意愿 (元/年)	频数	频率 (%)
0	469	44.25
0<WTA≤10	139	13.11
10<WTA≤20	130	12.26
20<WTA≤30	87	8.21
30<WTA≤40	66	6.23
40<WTA≤50	35	3.30
50<WTA≤60	41	3.87
60<WTA	93	8.77

(二) 额外回收方案的补偿标准——CE 测算结果

1. 随机参数 Logit 模型估计结果。在使用随机参数 Logit 模型估计前，本文设定 ASC 和补偿金的参数 (δ_n 和 γ_n) 为固定参数，设定标准化清洗、分类和回收点距离三个指标的参数 (α_n) 服从正态分布。本研究使用 Stata 15.0 软件，对果蔬种植户的效用函数进行估计，回归结果如表 5 所示。

表 5 随机参数 Logit 模型回归结果

	系数	标准误
固定参数		
ASC	-3.954***	0.352
补偿金	0.022***	0.003
随机参数的均值		
标准化清洗	-2.924***	0.362
分类	0.506***	0.174
回收点距离	-1.685***	0.212
随机参数的标准差		
标准化清洗	7.097***	0.667
分类	3.640***	0.372
回收点距离	3.380***	0.357
LR χ^2 (3)	1199.05***	
Log Likelihood	-2647.393	

注：***表示 1% 的显著性水平。

模型的整体拟合优度达到了 1% 的显著性水平。ASC 对果蔬种植户效用有负向影响，且在 1% 的水平上显著，表明受访者更倾向于选择农药包装废弃物的额外回收方案。果蔬种植户已经逐渐认识到农药包装废弃物的危害，不仅包括其中残留农药的危害，还包括不同材质的农药包装废弃物不适当处置的后果，因此对农药包装废弃物额外回收工作持有积极态度。补偿金对果蔬种植户效用有正向影响，且在 1% 的水平上显著，表明补偿金的增加会提高受访者的效用水平。标准化清洗和回收点距离均对果蔬种植户效用有负向影响，且在 1% 的水平上显著，表明受访者偏好不标准化清洗和上门回收农药包装废弃物。在实地调查中，绝大多数受访者在了解到“三次清洗”的操作流程后，认为费时费力，不愿意“三次清洗”；受访者也表示回收点的距离越近越好。分类对果蔬种植户效用有正向影响，且在 1% 的水平上显著，表明受访者偏好分类农药包装废弃物。原因可能有两个方面：一方面，现在农药包装废弃物类型较少，大部分为塑料瓶和塑料袋，分类较为简单；另一方面，一些受访者反映农村专门收废品的人员只愿意回收塑料材质的物品，导致其养成分类习惯。根据估计结果，可以认为受访者倾向于不标准化清洗，对农药包装废弃物进行分类并有专门人员上门回收，同时还能获得较多的补偿金。此外，参数均值的估计结果反映了果蔬种植户对不同指标的相对偏好程度。例如，标准化清洗和回收点距离的系数分别为-2.924 和-1.685，意味着在其他条件不变的情况下，标准化清洗变化 1 个单位（即从“不达标”到“达标”）对果蔬种植户效用的影响约为回收点距离增加 1 公里对果蔬种植户效用影响的 1.74^①倍。

从随机参数的标准差来看，标准化清洗、分类和回收点距离的参数标准差均在 1% 的水平上通过显著性检验，表明果蔬种植户对这些指标的偏好存在显著的异质性。基于指标参数的正态分布设定，可以计算出具有正向或负向偏好的果蔬种植户比例。在 3 个指标中，果蔬种植户对标准化清洗的偏好存在较大的分歧。根据参数的均值和标准差，可以得出 65.98% 的果蔬种植户偏好不标准化清洗农药包装废弃物，55.53% 的果蔬种植户偏好分类农药包装废弃物，69.09% 的果蔬种植户偏好上门回收分类农药包装废弃物^②。由于随机参数 Logit 模型放宽了 IIA 假定，其估计结果可以揭示关于个体偏好的更多信息。

2. 稳健性检验：采用多项 Logit 模型再估计。上文假设受访者对同一指标的偏好存在异质性，使用随机参数 Logit 模型估计了受访者对指标的偏好。为了检验估计结果的稳健性，本文假设所有受访者对同一指标的偏好是同质的，使用多项 Logit 模型对受访者偏好进行估计。由表 6 可知，各变量的显著性水平及系数方向没有实质变化，说明本文结论稳健。

^① -2.924/-1.685=1.74。

^② (0+2.924)/7.097=0.412，查询标准正态分布函数表， $\varphi(0.412)=0.6598$ ；(0-0.506)/3.640=0.139，查询标准正态分布函数表， $\varphi(0.139)=0.5553$ ；(0+1.685)/3.380=0.499，查询标准正态分布函数表， $\varphi(0.499)=0.6909$ 。

	系数	标准误
ASC	-1.29***	0.078
补偿金	0.003***	0.001
标准化清洗	-0.634***	0.054
分类	0.254***	0.053
回收点距离	-0.335***	0.039
LR χ^2 (5)	546.61	
Log Likelihood	-5799.0394	

注：***表示 1% 的显著性水平。

3. 额外回收的补偿标准测算。根据 (14) 式和表 5 中的随机参数 Logit 模型回归结果，可测算出果蔬种植户对额外回收方案的边际受偿意愿 (MWTA)，具体如表 7 所示。MWTA 是指标变动 1 个单位受访者愿意接受补偿的金额，例如：将农药包装废弃物标准化清洗达标，果蔬种植户愿意接受的补偿为 132.16 元/年，占当年农药购买费用的 4.63%。“标准化清洗”是对果蔬种植户效用影响最大的指标，而“分类”的影响最低。这可能是由于与“分类”相比，“标准化清洗”更耗时耗力。此外，笔者在调查中发现，部分果蔬种植户认为清洗农药包装废弃物会威胁自身身体健康，进而难以接受在回收农药包装废弃物前将其标准化清洗干净。

	ASC	标准化清洗	分类	回收点距离
MWTA (元/年)	178.75	132.16	-22.86	76.15

另外，若要求果蔬种植户标准化清洗达标、分类农药包装废弃物并送至 2 公里远的指定回收点，根据 (15) 式可以算出最低额外补偿标准是 82.85 元/年，占当年农药购买费用的 2.9%。

(三) 农药包装废弃物回收的差别化补偿标准

根据本文设定的基础回收方案和额外回收方案以及对果蔬种植户受偿意愿的测算可知，如果果蔬种植户愿意参与“不丢弃农药包装废弃物并收集起来，由专门人员上门收集”的基础回收方案，基于果蔬种植户受偿意愿的最低补偿标准为 22.12 元/年，占当年农药购买费用的 0.78%。如果果蔬种植户继续愿意参与“标准化清洗达标、分类农药包装废弃物并送至 2 公里远的指定回收点”的额外回收方案，基于果蔬种植户受偿意愿的最低补偿标准应为基础回收方案的补偿标准加上额外回收方案的补偿标准，共为 104.97 元/年，占当年农药购买费用的 3.68%。另外，根据 MWTA 的估计结果，通过调整指标的赋值水平可以得到不同的农药包装废弃物回收方案的补偿标准，如表 8 所示。

首先，按照调查区域 10~20 元/时的工时费用，以及调查中询问受访者花费在额外回收方案上的预估计时间（包括预估计清洗、分类农药包装废弃物并送至回收点和学习清洗、分类的总花费工时），可得到果蔬种植户在清洗、分类并送至回收点以及学习清洗、分类方面的工时成本平均为 125.57 元/年，远大于测算的补偿标准。这说明，除了经济动机，还有生态环境保护动机等因素影响果蔬种植户参与农药包装废弃物回收方案。因此，如果仅从机会成本角度测算会高估农户参与农药包装废弃物回

收方案的补偿标准，而通过受偿意愿测算的补偿标准是农户考虑到环境改善带来的效用后其可以接受的最低补偿标准，有利于提高财政资金效率。

其次，不同农药包装废弃物回收方案下果蔬种植户的补偿标准存在差异，这与预期吻合。根据理论分析可知，农户参与回收农药包装废弃物获得的生态补偿应该与其参与的农药包装废弃物回收方案相关。即参与不同的农药包装废弃物回收方案，果蔬种植户会获得不同的环境改善收益和付出不同的成本（包括清洗、分类以及送至回收点等环节的工时成本，清洗用水费用以及学习清洗和分类时耗费的工时成本）。但与预期不同的是，表 8 中的方案三和方案四的补偿标准与方案二相同。这可能是由于果蔬种植户认为方案三和方案四中额外回收方案所带来的生态效益甚至高于其机会成本，参与额外回收方案的意愿非常强。调查中，近 15%的果蔬种植户表示在无补偿的情况下也愿意参与额外回收方案，这也进一步证实了果蔬种植户参与额外回收方案的意愿很强。因此，虽然方案三和方案四中额外回收方案的补偿标准计算结果分别为-26.45 元/年和-46.59 元/年，但可以认为果蔬种植户在无补偿的情况下依然愿意参与方案三和方案四的额外回收方案，即基于果蔬种植户受偿意愿的额外补偿标准为 0 元/年。

表 8 农药包装废弃物回收方案的差别化补偿标准

	基础回收方案	额外回收方案			补偿标准 (元/年)	占当年农药 购买费用比 例 (%)
		标准化清洗	分类	回收点距离 (公里)		
方案一	不愿意参与	不达标	不分类	0	0	0
方案二	愿意参与	不达标	不分类	0	22.12	0.78
方案三	愿意参与	不达标	不分类	2	22.12	0.78
方案四	愿意参与	达标	不分类	0	22.12	0.78
方案五	愿意参与	达标	分类	1.5	66.89	2.34
方案六	愿意参与	达标	分类	2	104.97	3.68

六、结论与政策启示

本文通过对 2020 年陕西省 4 个县 8 个乡镇 1060 个果蔬种植户的实地调查，借助条件价值法和选择实验分别测算果蔬种植户对农药包装废弃物基础回收方案和额外回收方案的受偿意愿，并使用随机参数 Logit 模型识别果蔬种植户对不同农药包装废弃物额外回收方案的偏好以及测算差别化补偿标准，得出以下结论。第一，不同果蔬种植户对额外回收方案指标的偏好存在显著差异。65.98%的果蔬种植户偏好不标准化清洗农药包装废弃物，55.53%的果蔬种植户偏好分类农药包装废弃物，69.09%的果蔬种植户偏好上门回收分类农药包装废弃物。第二，补偿对果蔬种植户参与农药包装废弃物回收方案具有显著的激励作用。根据条件价值法测算，果蔬种植户参与农药包装废弃物基础回收方案的补偿标准是 22.12 元/年，占当年农药购买费用的 0.78%。选择实验测算得出，果蔬种植户参与农药包装废弃物额外回收方案的额外补偿标准是 82.85 元/年，占当年农药购买费用的 2.9%，总补偿标准是 104.97 元/年，占当年农药购买费用的 3.68%。本文认为，不同的农药包装废弃物回收方案应采取差别化的补偿

标准。

基于以上研究结论，本文的政策含义如下。第一，直接以农户参与农药包装废弃物回收的机会成本进行补偿易造成过度补偿，导致财政压力巨大。建议以农户参与回收农药包装废弃物受偿意愿作为制定补偿标准的依据，可在不影响政策效果的前提下减少财政支出，或者在相同财政支出下扩大政策覆盖范围。第二，如果农药包装废弃物回收补偿政策设计的具体回收方案、补偿标准等与农户意愿偏离，易导致执行成本高和效率低。建议基于农户农药包装废弃物回收方案偏好异质性设计更符合现实的补偿标准，并针对不同的农药包装废弃物回收方案，需要考虑制定差别化的补偿标准。第三，在当前中国农药包装废弃物回收实践仍处于初期阶段的现实背景下，最优回收方案难以一蹴而就。建议分阶段推进回收方案的实施，一方面通过宣传和培训，对具有不同回收意愿和能力的农户制定激励其回收行为的方案，另一方面通过对采取最优回收方案的农户进行更高补偿，从而对其他农户产生一定示范和激励作用。

本文的研究结论对完善当前的农药包装废弃物回收补贴政策具有参考价值，同时存在一些局限性。第一，农药包装废弃物回收政策出台时间较短，目前尚未有对其回收补偿标准测算的研究，使本文研究结果缺少与其他研究的相互印证。第二，本文在分析补偿标准差别化的过程中，并没有考虑受访者种植经营的个体化差异，比如种植作物差异、地块差异等，纳入这些因素可能会在一定程度上影响本文得出的结论。这两点是后续农药包装废弃物回收补偿标准测算研究中需要考虑和可以改进的地方。

参考文献

- 1.陈海江、司伟、王新刚，2019：《粮豆轮作补贴：标准测算及差异化补偿——基于不同积温带下农户受偿意愿的视角》，《农业技术经济》第6期。
- 2.陈锡文，2018：《实施乡村振兴战略，推进农业农村现代化》，《中国农业大学学报（社会科学版）》第1期。
- 3.崔艳智、高阳、赵桂慎，2017：《农田面源污染差别化生态补偿研究进展》，《农业环境科学学报》第7期。
- 4.樊辉、赵敏娟、史恒通，2016：《选择实验法视角的生态补偿意愿差异研究——以石羊河流域为例》，《干旱区资源与环境》第10期。
- 5.郭利京、王颖，2018：《中美法韩农药监管体系及施用现状分析》，《农药》第5期。
- 6.胡振通、孔德帅、靳乐山，2015：《草原生态补偿：草畜平衡奖励标准的差别化和依据》，《中国人口·资源与环境》第11期。
- 7.扈映，2015：《农药废弃包装物回收机制的探索及启示——基于浙江、上海实践的分析》，《农业部管理干部学院学报》第4期。
- 8.冀名峰、李琳，2020：《农业生产托管：农业服务规模经营的主要形式》，《农业经济问题》第1期。
- 9.蒋琳莉、张俊飏、何可、田云，2014：《农业生产性废弃物资源处理方式及其影响因素分析——来自湖北省的调查数据》，《资源科学》第9期。
- 10.蒋琰，2019：《一碧千里绿更浓——黑龙江省勤得利农场、北大荒股份勤得利分公司生态文明建设巡礼》，《农场经济管理》第5期。

- 11.焦少俊、单正军、蔡道基、徐宏, 2012: 《警惕“农田上的垃圾”——农药包装废弃物污染防治管理建议》, 《环境保护》第18期。
- 12.李成龙、张倩、周宏, 2021: 《社会规范、经济激励与农户农药包装废弃物回收行为》, 《南京农业大学学报(社会科学版)》第1期。
- 13.李美叶、郑振涛, 2013: 《济南市农村地区农药包装废弃物回收模式探讨》, 《环境卫生工程》第5期。
- 14.李晓平、谢先雄、赵敏娟, 2019: 《耕地面源污染治理: 纳入生态效益的农户补偿标准》, 《西北农林科技大学学报(社会科学版)》第5期。
- 15.李志涛、王夏晖、陆军、高彦鑫、李松, 2015: 《国内外对农药包装废弃物回收的主要做法与经验》, 《环境污染与防治》第2期。
- 16.刘春腊、刘卫东、陆大道, 2014: 《生态补偿的地理学特征及内涵研究》, 《地理研究》第5期。
- 17.刘刚, 2018: 《北京出台2018年农药包装废弃物回收处置方案》, 《农药市场信息》第5期。
- 18.刘丽, 2010: 《我国国家生态补偿机制研究》, 青岛大学博士学位论文。
- 19.柳荻、胡振通、靳乐山, 2019: 《基于农户受偿意愿的地下水超采区休耕补偿标准研究》, 《中国人口·资源与环境》第8期。
- 20.龙耀, 2018: 《野生动物致损与经济补偿的诸多选项》, 《改革》第2期。
- 21.欧阳志云、郑华、岳平, 2013: 《建立我国生态补偿机制的思路与措施》, 《生态学报》第3期。
- 22.郗建荣, 2015: 《环保部起草〈农药包装废弃物回收处理管理办法(试行)〉》, 《农药市场信息》第12期。
- 23.宋敏、金贵, 2019: 《规划管制背景下差别化耕地保护生态补偿研究: 回顾与展望》, 《农业经济问题》第12期。
- 24.孙博、段伟、丁慧敏、冯彦、温亚利, 2017: 《基于选择实验法的湿地保护区农户生态补偿偏好分析——以陕西汉中朱鹮国家级自然保护区周边社区为例》, 《资源科学》第9期。
- 25.王琰, 2017: 《农药包装废弃物的管理模式探讨》, 《农药市场信息》第18期。
- 26.王子君、刘静、王永强, 2016: 《农民参与农药包装废弃物的回收模式分析》, 《中国科技信息》第1期。
- 27.魏珣、杜志雄, 2018: 《农户参与农药包装废弃物回收工作的意愿及其影响因素——基于Logistic和半对数模型的实证分析》, 《世界农业》第1期。
- 28.徐涛、姚柳杨、乔丹、陆迁、颜俨、赵敏娟, 2016: 《节水灌溉技术社会生态效益评估——以石羊河下游民勤县为例》, 《资源科学》第10期。
- 29.姚春生、侯方安、陈海燕, 2021: 《粮食安全与农业机械化的逻辑关系及其政策启示——基于三种主要粮食种植成本收益的中美比较》, 《中国农机化学报》第1期。
- 30.姚柳杨, 2018: 《休耕的社会福利评估——以武威市为例》, 西北农林科技大学博士学位论文。
- 31.于岚岚、夏自强、李琼芳、蔡涛、郭利丹、谢伟, 2012: 《不同土地利用方式对流域非点源污染模拟的影响》, 《水电能源科学》第4期。
- 32.俞振宁、谭永忠、吴次芳、张晓滨, 2017: 《基于兼业分化视角的农户耕地轮作休耕受偿意愿分析——以浙江省嘉善县为例》, 《中国土地科学》第9期。
- 33.岳瑾、周春江、王俊伟、杨建国、贾峰勇、董杰、李云龙, 2014: 《北京市农药包装废弃物回收处理的现状、成

效与展望》，《北京农业》第33期。

34.赵艺华、周宏，2021：《社会信任、奖惩政策能促进农户参与农药包装废弃物回收吗？》，《干旱区资源与环境》第4期。

35.周洁、侯云霞、祖拜旦木·吐拉甫、祖力菲娅·买买提，2019：《新疆差异化草原生态补偿标准研究》，《江西农业学报》第2期。

36.邹坤，2011：《论农药包装废弃物对环境的影响及对策》，《安徽农业科学》第15期。

37.Azevedo, C. D., and M. Christie, 2009, "Testing the Consistency between Standard Contingent Valuation, Repeated Contingent Valuation and Choice Experiments", *Journal of Agricultural Economics*, 60(1): 154-170.

38.Bondori, A., A. Bagheri, M. S. Allahyari, and C. A. Damalas, 2018, "Pesticide Waste Disposal Among Farmers of Moghan Region of Iran: Current Trends and Determinants of Behavior", *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(1):30.

39.Carson, R. T., 2001, "Resources and Environment: Contingent Valuation", *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 14(2):13272-13275.

40.Christie, M., N. Hanley, and S. Hynes, 2007, "Valuing Enhancements to Forest Recreation Using Choice Experiment and Contingent Behaviour Methods", *Journal of Forest Economics*, 13(2-3): 75-102.

41.Dachary-Bernard, J., and T. Rambonilaza, 2012, "Choice Experiment, Multiple Programmes Contingent Valuation and Landscape Preferences: How Can We Support the Land Use Decision Making Process?", *Land Use Policy*, 29(4):846-854.

42.Hanley, N., D. MacMillan, R. E. Wright, C. Bullock, I. Simpson, D. Parsisson, and B. Crabtree, 1998, "Contingent Valuation Versus Choice Experiments: Estimating the Benefits of Environmentally Sensitive Areas in Scotland", *Journal of Agricultural Economics*, 49(1): 1-15.

43.Hensher, D. A., and W. H. Greene, 2003, "The Mixed Logit Model: The State of Practice", *Transportation*, 30(2): 133-176.

44.Hensher, D. A., J. M. Rose, and W. H. Greene, 2015, *Applied Choice Analysis (Second edition)*, Cambridge: Cambridge University Press.

45.Jallow, M. F. A., D. G. Awadh, M. S. Albaho, V. Y. Devi, and B. M. Thomas, 2017, "Pesticide Knowledge and Safety Practices Among Farm Workers in Kuwait: Results of A Survey", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(4): 340.

46.Li, M. Y., J. J. Wang, K. Chen, and L. B. Wu, 2020, "Willingness and Behaviors of Farmers' Green Disposal of Pesticide Packaging Waste in Henan, China: A Perceived Value Formation Mechanism Perspective", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11):3753.

47.Mensah, S., R. Veldtman, A. E. Assogbadjo, C. Ham, R. Glèlè Kakaï, and T. Seifert, 2017, "Ecosystem Service Importance and Use Vary with Socio-environmental Factors: A Study from Household-surveys in Local Communities of South Africa", *Ecosystem Services*, 23: 1-8.

48.Mohanty, M. K., B. K. Behera, S. K. Jena, S. Srikanth, C. Mogane, S. Samal, and A. A. Behera, 2013, "Knowledge Attitude and Practice of Pesticide Use among Agricultural Workers in Puducherry, South India", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20(8): 1028-1031.

49.Pagiola, S., and G. Platais, 2007, *Payments for Environmental Services: From Theory to Practice*, Washington: World Bank.

50.Recena, M. C. P., E. D. Caldas, D. X. Pires, and E. R. J. C. Pontes, 2006, "Pesticides Exposure in Culturama, Brazil—Knowledge, Attitudes, and Practices", *Environmental Research*, 102(2): 230-236.

51.Thuy, P. T., B. M Campbell, and S. Garnett, 2009, "Lessons for Pro-Poor Payments for Environmental Services: An Analysis of Projects in Vietnam", *Asia Pacific Journal of Public Administration*, 31(2):117-133.

52.Zemo, K. H., M. Termansen, 2018, "Farmers' Willingness to Participate in Collective Biogas Investment: A Discrete Choice Experiment Study", *Resource and Energy Economics*, 52:87-101.

(作者单位: ¹西北农林科技大学经济管理学院;

²陕西农村经济与社会发展协同创新研究中心;

³陕西师范大学国际商学院)

(责任编辑: 黄 易)

The Standard Measurement of Differential Compensation for Pesticide Packaging Waste Recycling: An Empirical Analysis Based on 1060 Fruit and Vegetable Farmers in Shaanxi Province

LIU Jiyao NI Qi YAO Liuyang LU Weinan ZHAO Minjuan

Abstract: Based on the survey data collected from 1060 fruit and vegetable farmers in 4 counties and 8 towns in Shaanxi Province, this article uses the contingent valuation method and the choice experiment method to calculate fruit and vegetable farmers' willingness to participate in the basic and additional recycling programs of pesticide packaging waste, respectively. The random parameter logit model is used to identify their preferences for different pesticide packaging waste recycling programs and measure the differentiated compensation standards. The results show that, firstly, there are significant differences in the preferences of different fruit and vegetable farmers for recycling attributes. Secondly, the compensation standard for fruit and vegetable farmers who participate in the basic recycling program of pesticide packaging waste is 22.12 yuan/year, accounting for 0.78% of the annual cost of pesticide purchase. The additional compensation standard for fruit and vegetable farmers who participate in the additional recycling program of pesticide packaging waste is 82.85 yuan/year, accounting for 2.9% of the annual cost of pesticide purchase, and the total compensation standard is 104.97 yuan/year, accounting for 3.68% of the annual cost of pesticide purchase. Therefore, it is necessary to consider differential compensation standards for different recycling programs of pesticide packaging waste.

Keywords: Pesticide Packaging Waste Recycling; Compensation Standard; Differential Compensation; Choice Experiment; Contingent Valuation Method