

技术偏好异质性、农户参与式方案创设 与政策绿色转型*

王娜娜^{1,2} 王志刚³ 罗良国¹

摘要: 本文基于离散选择实验,以绿色农业技术与配套政策为主要内容创设农业环境计划方案,利用对宁夏和黑龙江两省(区)195户稻农的问卷调查数据,运用混合Logit模型和潜在类别模型分析稻农选择农业环境计划方案的行为规律、受偿意愿,并创设最佳农业环境计划方案。本研究得到四点结论:第一,稻农整体上偏好测土配方施肥技术和田间技术培训,抵触秸秆还田、高效低毒生物农药、生态沟渠和生态缓冲带技术。第二,稻农在对绿色农业技术和培训方式的选择上呈现显著的异质性,本文依其选择偏好分为体力节约型和时间节约型两类。两类稻农农业环境计划方案的参与率分别为45.11%和49.59%,与国际同类研究相比处于较高水平。第三,对于体力节约型稻农,测土配方施肥、参加田间和村部技术培训能够显著促进其参与农业环境计划方案,而秸秆还田、高效低毒生物农药和生态沟渠技术对其参与农业环境计划方案有显著的负向影响;对于时间节约型稻农,测土配方施肥、侧条施肥、30%有机肥替代无机肥等技术对其参与农业环境计划方案有显著的正向影响,而生态缓冲带技术和三种培训对其参与农业环境计划方案均有显著的负向影响。第四,因偏好异质性的存在,稻农受偿意愿有很大差异。本文根据稻农偏好异质性计算出差异化且更具针对性的受偿意愿。对于两类稻农偏好的技术,即使放弃一部分补偿他们也愿意采用这些技术;而对于两类稻农非偏好的技术,政府给予稻农更高的补贴激励就显得尤为重要。最终,本文创设了最佳农业环境计划方案,方案由必选部分、可选部分、培训要求、补贴额度与其他要求构成。

关键词: 绿色农业技术 农业环境计划 政策绿色转型 离散选择实验 偏好异质性

中图分类号: F322 **文献标识码:** A

一、引言

在大多数高收入国家和许多新兴经济体,农业生产带来的面源污染已经超过了工业污染和生活污

*本研究得到中国农业科学院科技创新工程、山东省农业科学院农业科技创新工程“盐碱农田生态系统减排增汇关键技术研究”和国家留学基金管理委员会的资助,特此鸣谢。感谢匿名审稿专家的宝贵意见,但文责自负。本文通讯作者:罗良国。

染，成为内陆和沿海水质退化的主要原因（Provolo et al., 2016），尤其以亚洲最为严重。中国 2020 年化肥使用量是世界平均水平的 2.62 倍^①，2019 年农药使用量占全球农药使用总量的 42.55%^②，是世界上最大的化肥和农药使用国，农业面源污染形势更加严峻。

为扭转这一局面，以农业环境计划（agri-environmental schemes，简称 AES）方案的形式，推广绿色农业技术（green agricultural technologies，简称 GATs）已成为世界各国的普遍做法（Provolo et al., 2016）。绿色农业技术主要是指在农田生产层面农户可利用的、从农药化肥源头减量到防止农田养分或污染物进入外部环境的技术。国际上，AES 方案将绿色农业技术、实施要求和补贴等结合在一起，以与农户签订合同的形式，激励和约束其绿色生产行为。这种对农户农业生产中环境保护行为的支持，是发达国家农业政策的重要组成部分之一，已经成为政府推广绿色农业技术、支持农业绿色生产、扭转农业环境质量下降趋势的核心政策工具（Pavlis et al., 2016）。目前，中国农业政策在粮食直补和粮食价格支持方面较为完善，但在对农户农业生产中环境保护行为的支持和补贴方面尚处于探索阶段^③，还没有形成对农业面源污染、生态破坏等外部性问题的有效制约（Smith et al., 2017），中国农业政策亟待绿色转型。

国际上通常利用离散选择实验（discrete choice experiment，简称 DCE）来开展 AES 方案的创设研究。该方法尤其适合应用于环境政策创设，揭示农户对绿色农业技术、实施要求和补贴等的选择偏好，并以农户偏好为参考创设 AES 方案（Wang et al., 2019）。这种农户参与式研究使得农户有主人翁意识并为自己的行为感到骄傲，也使其有更大的可能性长期参与到 AES 方案中，从而带来更好的环境保护效果（Emery and Franks, 2012）。

迄今为止，国外学者在利用离散选择实验方法创设 AES 方案以促进绿色农业技术采纳上已有较多研究。关注点之一是农户对 AES 方案中配套政策的选择偏好，例如实施的期限、灵活性和监督约束等（Guo and Shen, 2020; Lapierre et al., 2023）。关注点之二是农户对众多绿色农业技术的采纳行为（Duke et al., 2012; Lapierre et al., 2023）。但以上研究主要关注单一环境目标，例如化肥农药减量（Beharry-Borg et al., 2013; Bennett et al., 2018）或购买途径限制（Guo and Shen, 2020; Lapierre et al., 2023）、纳入减量计划的耕地面积（Chang et al., 2017）、杂草控制技术（Jaeck and Lifran, 2014）和农药缓冲区（Christensen et al., 2011）等。另外，也有学者研究了农户采纳 AES 方案可能带来的风险（Chèze et al., 2020）以及参与 AES 方案所要求的农户自身条件（Lécole et al., 2022）。

与此同时，在对农户绿色农业技术选择、政策偏好和受偿意愿（willingness to accept，简称 WTA）的研究上，国内学者对离散选择实验方法的应用较晚，相关研究非常薄弱。目前的研究更多地分析农户对单一技术或笼统的绿色农业技术的采纳意愿，以离散选择实验为工具来分析农户对整个 AES 方案

^①资料来源：<https://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS>。

^②资料来源：<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/RP>。

^③资料来源：《农业现代化辉煌五年系列宣传之三十四：农业“三项补贴”改革取得显著成效》，http://www.jhs.moa.gov.cn/ghgl/202108/t20210823_6374588.htm。

选择偏好的研究很少。在为数不多的离散选择实验应用研究中，对离散选择实验的数据结构及模型实操知识的理解普遍不足。目前，只有少数几篇文章采用了比较成熟的模型。其中：有三篇文章仅关注了农户对保险支持、技术培训等配套政策与生态保护目标的偏好（高杨等，2019；尹世久等，2020；喻永红等，2021）；另有两篇文章只探讨了农户对1~2种绿色农业技术的采纳行为（李凯，2016；赵晓颖等，2020）。

综上，现有研究存在以下不足：一是国内以离散选择实验为工具的AES方案创设研究欠缺，而且对离散选择实验的实验设计、数据结构及离散选择模型实操知识的理解不足；二是国内外关注单一绿色农业技术或单一环境目标的文献居多，但缺失从面源污染综合防控角度的探讨。为此，本文基于离散选择实验方法，分析农户对绿色农业技术、技术指导与培训以及补贴额度的选择偏好、异质性和受偿意愿，并基于此创设最佳AES方案。

本文的创新性贡献主要体现在两点：第一，利用前沿性的离散选择理论探明农户对AES方案的选择偏好、异质性和受偿意愿，并开展农户参与式的AES方案创设，这是对农业环境政策制定的一次有益的实践探索；第二，给出兼具综合防控、激励、约束和灵活性的最佳AES方案，并将补贴标准核算与农户采纳绿色农业技术种类、数量及要求直接挂钩，以提高农业支持补贴政策的指向性、精准性和实效性。

二、政策绿色转型与理论基础

（一）政策绿色转型

新中国成立70多年以来，中国农业政策经历了从索取到反哺再到农业支持补贴体系初步形成的多次演变。从农业支持补贴的角度，该演变过程大致可分为三个阶段（肖小虹等，2019；全世文，2022）。第一阶段（1949—2003年）为“取”的阶段。在该阶段，农业为国家发展尤其是工业发展提供了原始积累。2000年中国开始了以减轻农民负担为中心的农村税费改革，从剥夺农业向反哺农业转变。第二阶段（2004—2014年）为“予”的阶段。中国从2004年开始实行取消农业税试点并逐步扩大试点范围，实施惠农补贴政策，对种粮农户实行直接补贴、对粮食主产区的农户实行良种补贴以及对购买大型农机具的农户给予补贴^①。2006年中国全面取消农业税，表明中国在减轻农民负担以及实行工业反哺农业、城市支持农村方面取得了重要突破。第三阶段（2015年至今）为“绿”的阶段。2015年财政部、农业部联合发布了《关于调整完善农业三项补贴政策的指导意见》，将农业“三项补贴”合并为农业支持保护补贴，将政策目标调整为支持耕地地力保护和粮食适度规模经营。2016年财政部、农业部印发了《关于全面推开农业“三项补贴”改革工作的通知》，促进农业支持补贴政策由“黄箱”转为“绿箱”。2017年中共中央办公厅、国务院办公厅发布了《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》，成为中国农业绿色发展的纲领性文件。党的二十大报告指出，要加快发展方式绿色转型，深入推进污染防治。2022年中央农村工作会议表示，要健全种粮农民收益保障机制和主产区利益

^①资料来源：《取消农业税》，http://www.gov.cn/govweb/test/2006-03/06/content_219801.htm。

补偿机制,发展生态低碳农业。2023年中央“一号文件”在推进农业绿色发展的意见中更是着重强调,要加快农业投入品减量增效技术推广应用。在此背景下,中国开启了从鼓励生产到补贴激励农户在农业生产中采取环境保护行为的转型之路。中国农业支持补贴开始引导农业生产向着绿色和可持续发展的方向,为中国农业绿色转型提供了政策激励(魏后凯等,2022)。但是,激励农户农业生产行为绿色转变的方式、机制与政策依然在摸索中。

尽管从中央到地方各级政府都为绿色农业技术的推广付出了巨大努力,但在确保农户可持续性采纳方面存在很大问题。其成因有四:一是农业家庭经营占主导地位,大国小农的基本国情农情将长期存在^①,剩余劳动力老龄化以及小农户本身文化素质普遍偏低、对新型技术的接纳滞后、生产行为自由约束性差,不利于绿色农业技术的采纳、运用和推广(卢洋啸和孔祥智,2019);二是自上而下的命令式推广单一技术或模式达不到环境综合保护的目的,且没有考虑农户意愿和选择;三是推广以实验或者试点的形式开展,加之模式固定、适配性低,一期项目结束后参与试点的村庄就不再被纳入试点范围,参与试点的农户因试点项目的结束而被动退出;四是将农业支持补贴与农业绿色生产和环境保护切实关联的政策机制缺失,农业支持补贴政策的指向性、精准性和实效性亟待提高^②。总体来看,中国在对农户农业生产中环境保护行为的支持和补贴方面尚处在探索阶段。

(二) 理论基础

离散选择实验以要素价值理论和随机效用理论为基础。其中,要素价值理论认为,任何物品或研究对象都可以被一组反映其特征的属性以及这些属性的不同水平来描述,且个体可以从这些属性中获得效用(Lancaster, 1966)。随机效用理论认为,人们的决策过程具有不确定性。农户无论选择哪一个方案都可以获得一定的效用,但是,农户总是选择自己看来总效用最大的那个方案(Luce, 1959)。

本文研究对象是AES方案,它由属性(技术与政策类别)及其水平(具体技术与政策措施)来描述。离散选择实验方法将政策制定者关心的关键内容(例如绿色农业技术、技术指导与培训、补贴等)作为属性,所有属性及其水平经过部分析因设计得到备选的假想AES方案集合。与常规调查的单一问题罗列不同,离散选择实验让农户对包含关键属性的整个AES方案进行选择,即该方法可以在实际调查中模拟真实政策采纳情景。通常,农户从一个选择集(包括2个备选方案和退出选项)中作出选择,即完成一次选择决策。农户在AES方案的选择中会结合自身特征及家庭特征,考虑收益、时间和劳动力投入等实际问题,综合衡量方案所包含的属性及其水平,选择能给自己带来最大效用的方案。

在农户选择基础上,通过模型识别并定量评估农户对拟制订AES方案内容的事前偏好,分析影响农户选择的各种属性及其水平的相对重要性(Mamine et al., 2020),进而可以用农户的选择偏好、异质性及受偿意愿来指导最佳AES方案的创设。离散选择实验方法实现了农户在政策制定中的事前参

^①参见《国务院关于印发“十四五”推进农业农村现代化规划的通知》, http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-02/11/content_5673082.htm。

^②资料来源:《农业现代化辉煌五年系列宣传之三十四:农业“三项补贴”改革取得显著成效》, http://www.jhs.moa.gov.cn/ghgl/202108/t20210823_6374588.htm。

与，使得 AES 方案能符合绝大多数农户的要求，最大限度地提高农户参与率，促进更加高效的农业环境政策的制定 (Emery and Franks, 2012)。

这种农户参与式的 AES 方案创设，可以解决如下现实问题：第一，可以实现绿色农业技术推广政策由自上而下命令式到自下而上自主式的转型；第二，绿色农业技术不再是以单一技术的形式推广，而是转变为以 AES 方案的形式推广；第三，方案将补贴额度与农户所要实施的技术种类、数量和要求直接挂钩，能够实现农业支持补贴与农业绿色生产的切实关联，提高农业支持补贴政策的指向性、精准性和实效性。总之，AES 方案的创设是对政策设计理念的一种创新和探索，更是对农业政策绿色转型的重要理论贡献。

图 1 揭示了绿色农业技术推广与政策绿色转型机制。

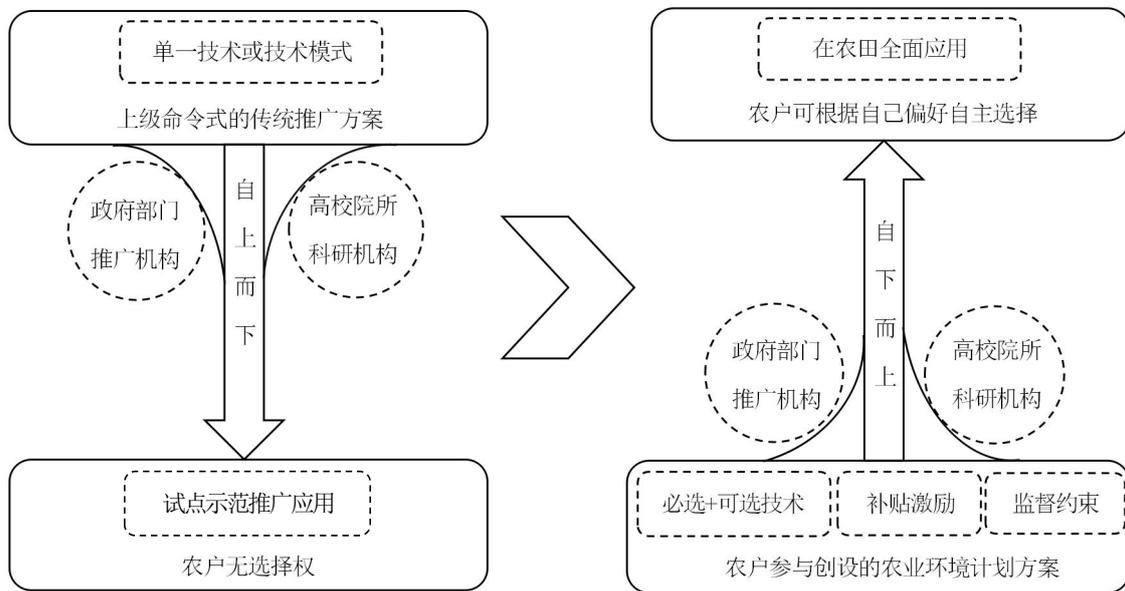


图 1 绿色农业技术推广与政策绿色转型示意图

(三) 离散选择模型

综上所述，离散选择实验可以产生基于属性及其水平的价值衡量，它允许将总效用分解为 AES 方案中每个属性及其水平的部分效用。因此，离散选择模型的优势在于它可以挖掘 AES 方案本身所包含的属性对农户选择的重要影响，而不仅仅是评估农户自身特征的影响。农户 n 在第 t 个选择集下选择备选方案 j ，所获得的效用 U 为：

$$U_{njt} = V_{njt} + \varepsilon_{njt} \quad (1)$$

$$V_{njt} = \alpha_n x_{njt} + \beta_n z_{njt} \quad (2)$$

(1) 式中，效用 U 由固定效用 V_{njt} 和随机项 ε_{njt} 构成。(2) 式中：固定效用 V_{njt} 是可观测部分，由方案属性变量 x_{njt} 和农户特征变量 z_{njt} 估计； α_n 是方案属性变量的待估参数，是农户的核心偏好参数，刻画了农户 n 对备选方案所包含的属性及其水平的选择偏好方向及强度； β_n 是农户特征变量的

待估参数，代表农户特征对其选择的影响。

进行离散选择分析的模型主要有：条件 Logit 模型、广义极值模型、多项 Probit 模型、混合 Logit 模型和潜在类别模型等。条件 Logit 模型建立在很强的假设基础上，有很大局限性，它假设所有受访者的偏好相同、随机项独立且同分布、无关备选方案独立（参见 Train, 2009）。广义极值模型只放松了上述假设中的一个；多项 Probit 模型虽然突破了上述 3 个假设的限制，但一方面模型运算复杂，另一方面该模型假设所有效用的不可观测部分服从正态分布。目前，国际上最常用也最为突出的两种模型是混合 Logit 模型和潜在类别模型，它们克服了条件 Logit 模型的上述 3 个假设。

混合 Logit 模型又被称为随机系数 Logit 模型，它允许解释变量的系数在决策者之间随机变化，即系数值服从一个概率分布。混合 Logit 模型可以估计任何形式的混合分布，估计之前需提前假定系数的分布。因此，该模型能够验证农户偏好异质性是否存在。这样，农户 n 在选择集 t 下从 J 个备选方案中选择方案 j^* 的概率为：

$$prob(n, j^*, t) = \int \frac{e^{\alpha_n x_{nj^*t}}}{\sum_{j=1}^J e^{\alpha_n x_{njt}}} f(\alpha_n | \theta) d\alpha_n \quad (3)$$

(3) 式中， $f(\alpha_n | \theta)$ 是系数 α_n 的概率密度函数， θ 是该密度函数的待估参数。

在潜在类别模型中，系数 α_n 的分布可以是离散的，模型自动识别受访者的选择偏好并将其分为不同的类别 $c(c = 1, \dots, C)$ 来捕获偏好异质性，类别 c 的偏好系数为 α_c 。在同一类别中农户的偏好是同质的，但不同类别农户的偏好是异质的。该模型可以挖掘农户偏好异质性中一些可被发现的规律。假设受访者 n 属于类别 c ，他在选择集 t （共 T 个选择集）中选择方案 j^* 的概率如下：

$$prob(n, j^*, t | c) = \prod_{t=1}^T \frac{e^{\alpha_c x_{nj^*t}}}{\sum_{j=1}^J e^{\alpha_c x_{njt}}} \quad (4)$$

本文用受偿意愿 (WTA) 来计算农户实施 AES 方案所需的补贴，常用方案属性变量的系数 α_n 与补贴额度变量的系数 α_p 的比值来表示（参见 Hole, 2007），表达式如下：

$$WTA_x = -\frac{\alpha_n}{\alpha_p} \quad (5)$$

本文使用 delta 方法计算受偿意愿的置信区间。首先，基于 (6) 式利用系数 α_n 、 α_p 及其方差和协方差来计算受偿意愿的方差，表达式如下：

$$var(WTA_n) = \left[\left(-\frac{1}{\alpha_p} \right)^2 var(\alpha_n) + \left(\frac{\alpha_n}{\alpha_p^2} \right)^2 var(\alpha_p) + 2 \left(-\frac{1}{\alpha_p} \right) \left(\frac{\alpha_n}{\alpha_p^2} \right) covar(\alpha_n, \alpha_p) \right] \quad (6)$$

其次，再由 (7) 式计算受偿意愿的置信区间，表达式如下：

$$95\%CI = WTA_n \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{var(WTA_n)} \quad (7)$$

三、实验设计、数据来源与变量说明

(一) 实验设计

河流或湖泊流域内的农业生产活动是农业面源污染最大的风险来源，也是绿色农业技术采纳的重点区域。本文选择将宁夏回族自治区引黄灌区和黑龙江省松花江流域作为主要调查区域，并选择流域内典型稻作区的稻农作为调查对象。

理论上，稻农会综合权衡 AES 方案的所有属性及其水平，然后在两个备选方案和退出选项中选择其一。因此，方案所包含的属性及其水平不宜过多，尤其是对于发展中国家农村地区的稻农而言。否则，稻农将不会考虑所有信息而只选择最易实施或提供最高补贴额度的方案。Clark et al. (2014) 指出，离散选择实验研究中属性数量平均为 6 个。通常，对于属性与水平的选取，文献是最主要的参考来源，其次是对利益相关者及专家进行的访谈 (Mamine et al., 2020; Raina et al., 2021)。除以上两种途径外，本文还梳理了目前研究区域内正在推广的各种绿色农业技术来作为选取的参考。最终，本文选取了化肥减施技术、秸秆还田技术、农药减施技术、生态沟渠技术和生态缓冲带技术，并将其纳入 AES 方案。前三种技术主要起到化肥、农药减施以及土壤有机质提升的效果，后两种技术可以防止农田养分或污染物进入外部环境，以达到农田面源污染综合防控的目的。配套政策主要是技术指导与培训以及相应的补贴激励(见表 1)。假设稻农在采纳 AES 方案后可能带来的每亩种稻收入损失为 10%~30%，本文将按照 15%、25%和 35%三个等级计算补贴额度，即补贴额度是在收入损失的基础上提高 5%。

表 1 AES 方案的属性及其水平 (以黑龙江为例)

AES 方案内容	属性	水平
绿色农业技术	化肥减施技术	A.无要求; B.测土配方施肥; C.侧条施肥; D.30%有机肥替代无机肥
	秸秆还田技术	A.无要求; B.还田
	农药减施技术	A.无要求; B.高效低毒生物农药; C.诱虫板
	生态沟渠技术	A.无要求; B.20 米长; C.30 米长
	生态缓冲带技术	A.无要求; B.0.5 米宽; C.1 米宽
配套政策	技术指导与培训	A.无要求; B.在田间; C.在村部; D.在乡镇
	补贴额度 (元/亩)	A.0; B.121; C.202; D.283

注：补贴额度依据本研究团队前期对黑龙江水稻种植户调查得到的数据计算。

本文利用 SPSS 和 Excel 软件进行选择集合的设计。当属性及其水平数量较多时，一般采用部分析因设计来减少选择集数目。最终，宁夏和黑龙江分别得到 10 个和 8 个选择集。为了减少农户工作量，并确保调查质量，两省（区）均设置 A、B 两类问卷。具体来说，在宁夏的两类问卷中各放入 5 个选择集，在黑龙江的两类问卷中各放入 4 个选择集。即宁夏的受访稻农在完成一份问卷时要做 5 次不同选择，黑龙江的受访稻农在完成一份问卷时要做 4 次不同选择。对于每一次选择，稻农从备选方案 1 和备选方案 2 中选择最偏好的方案，或者选择退出（见表 2）。

表2 选择集示例（以黑龙江为例）

属性	备选方案1	备选方案2	退出选项
化肥减施技术	30%有机肥替代无机肥	侧条施肥	退出不参与，保持原来耕作方式不变
秸秆还田技术	无要求	还田	
农药减施技术	无要求	无要求	
生态沟渠技术	20米长	无要求	
生态缓冲带技术	无要求	1米宽	
技术指导与培训	在乡镇	在乡镇	
补贴额度（元/亩）	283	283	
我选择（打“√”）	○	○	

（二）数据来源、变量及描述

本文数据来源于2017年研究团队对宁夏回族自治区引黄灌区和黑龙江省松花江流域稻农的问卷调查。宁夏回族自治区引黄灌区主要调查区域为青铜峡市，该市拥有“青铜峡大米”地理标志。黑龙江省松花江流域调查区域为方正县，该县是黑龙江省优质大米主产区之一，是“中国方正大米之乡”“中国富硒稻米之乡”以及国家级水稻生产全程机械化示范县。本文研究所选取的调查区域在粳稻单季稻主产区具有代表性。研究团队在宁夏回族自治区青铜峡市随机抽取2个乡镇，在每个样本乡镇随机抽取3个村，在每个样本村随机抽取8~10户稻农展开调查；在黑龙江省方正县随机抽取2个乡镇，在每个乡镇随机抽取2个行政村，在每个样本村随机抽取3~5个屯，在每个屯随机抽取8~10户稻农展开调查。最终，本文获取195份有效问卷，其中宁夏56份，黑龙江139份。

在离散选择模型中，被解释变量为某方案是否被稻农选中，如果被选中则变量取值为1，否则取值为0。解释变量为方案属性变量（见表3）及农户特征变量（见表4）。

表3 方案属性变量的说明及定义

AES 方案内容	属性	方案属性变量	变量定义及赋值	
绿色农业技术	化肥减施技术	测土配方施肥	有=1，无要求或退出=0	
		侧条施肥	有=1，无要求或退出=0	
		30%有机肥替代无机肥	有=1，无要求或退出=0	
	秸秆还田技术	秸秆还田	有=1，无要求或退出=0	
		农药减施技术	诱虫板	有=1，无要求或退出=0
		高效低毒生物农药	有=1，无要求或退出=0	
	生态沟渠技术	生态沟渠长度	连续变量，无要求或退出=0	
生态缓冲带技术	生态缓冲带宽度	连续变量，无要求或退出=0		
配套政策	技术指导与培训	田间技术培训	有=1，无要求或退出=0	
		村部技术培训	有=1，无要求或退出=0	
		乡镇技术培训	有=1，无要求或退出=0	
	补贴额度	补贴额度	连续变量，退出=0	

此外,加入特定备择常数 asc ,当稻农选择方案1或方案2时取值为1,选择退出时取值为0。 asc 与农户特征变量交互项的回归结果可以反映不同特征稻农在选择AES方案上的差异(俞振宁等,2018)。

农户特征变量的含义及描述性统计如表4所示。超过2/3的受访稻农是男性,平均年龄超过45岁。稻农受教育程度偏低,仅为初中以下水平。家庭总收入每年约为6万元,但稻农间收入差距较大。稻农家庭人口数通常约为4人,约有一半从事农业活动。调查区域内,稻农平均耕地面积为48.22亩,平均田块面积为12.48亩。户均耕地面积和平均田块面积差异均较大,这与黑龙江稻农耕地面积和平均田块面积较大有关。受访稻农以种植水稻为主,仅有不到20%的稻农同时饲养牲畜。大多数稻农认为农业生产会对环境造成影响,且约有70%的稻农使用过一种或多种绿色农业技术。45.22%的稻农认为近年来农田周围环境整体上有所改善,但这些改善主要是指田间道路、沟渠等的硬化改造,较少涉及更深层次的、实质性的农田面源污染防治方面的改善。

表4 农户特征变量的含义及描述性统计

农户特征变量	含义及赋值	均值	标准差
性别	受访者性别: 男性=1, 女性=0	0.67	0.47
年龄	受访者年龄(岁)	47.70	9.75
受教育程度	受访者受教育程度: 高中以上=4, 高中=3, 初中=2, 小学及以下=1	1.88	0.61
家庭收入	家庭总收入(万元/年)	6.17	7.41
家庭人口	家庭总人口数(人)	3.98	1.28
劳动力人数	家庭中从事农业的人数(人)	2.16	0.79
耕地面积	家庭所经营的耕地总面积(亩)	48.22	83.71
平均田块面积	平均田块面积(亩)	12.48	17.65
养殖情况	受访户是否饲养牲畜: 是=1, 否=0	0.20	0.40
技术使用经历	受访户之前是否使用过绿色农业技术: 是=1, 否=0	0.69	0.46
环境变化感知	受访者对近几年农田周围环境整体变化的感知: 提升很大=7, 明显提升=6, 有提升的迹象=5, 无变化=4, 有退化迹象=3, 明显退化=2, 严重退化=1	3.88	1.56
环境污染认知	受访者是否认为农业生产会对环境造成影响: 是=1, 否=0	0.68	0.47

四、计量结果与分析

(一) 稻农选择偏好及异质性检验

本文在混合Logit模型的估计过程中假设补贴额度和方案属性变量的系数分布为正态分布。表5给出了混合Logit模型的估计结果,系数均值的显著性及方向表示稻农整体对AES方案中属性的选择偏好:系数为正,说明稻农偏好于这种技术;系数为负,则表示稻农不偏好这种技术,或者说将该技术放入AES方案会阻碍稻农签订合同,除非给予补贴。此外,混合Logit模型假设稻农偏好系数具有连续的分布而不是恒定不变的常数,方案属性变量系数的标准差可以反映系数的离散程度,那么稻农偏好异质性则可以通过方案属性变量系数的标准差及其显著性得到检验。

表5的计量结果显示,将测土配方施肥技术放入AES方案对稻农的参与有显著的正向影响。但是,

测土配方施肥技术和侧条施肥技术的系数标准差显著，说明稻农偏好存在异质性。稻农普遍对秸秆还田、高效低毒生物农药、生态沟渠和生态缓冲带技术持消极态度。30%有机肥替代无机肥、诱虫板、村部技术培训和乡镇技术培训的系数的均值和标准差在统计上均不显著。这表明，将上述两种技术与两种培训加入 AES 方案对稻农参与的影响不大。田间技术培训变量显著且系数为正，说明稻农比较偏好于在田间接受现场技术培训。就补贴额度而言，提供的补贴额度越高，稻农的参与率越高，但也存在偏好异质性。此外，农户特征变量的估计结果显示，受教育程度越高以及家庭收入越高的稻农选择参与 AES 方案的可能性就越大。Duke et al. (2012) 的研究结果也表明，受访者受教育程度的提高往往会增加其参与 AES 方案的可能性。

由此可见，稻农的选择偏好受到 AES 方案属性变量的显著影响，且存在异质性。此外，相较于农户特征变量，方案属性变量是影响稻农参与的重要因素。

表 5 混合 Logit 模型估计结果

	系数均值		系数标准差	
	回归系数	标准误	回归系数	标准误
方案属性变量				
测土配方施肥	0.722**	0.354	-1.254**	0.497
侧条施肥	0.258	0.352	1.638***	0.368
30%有机肥替代无机肥	0.280	0.418	0.982	0.633
秸秆还田	-0.652**	0.290	0.525	0.431
诱虫板	0.380	0.366	0.631	2.628
高效低毒生物农药	-1.095***	0.418	-0.690	0.621
生态沟渠长度	-0.060***	0.015	0.006	0.028
生态缓冲带宽度	-0.521*	0.296	0.170	0.520
田间技术培训	1.169***	0.337	0.751	0.494
村部技术培训	0.218	0.258	0.526	0.992
乡镇技术培训	-0.185	0.353	-0.012	0.536
补贴额度	0.012***	0.003	0.010***	0.003
农户特征变量				
性别× asc	-0.513	0.751		
年龄× asc	-0.016	0.025		
受教育程度× asc	1.263**	0.610		
家庭收入× asc	0.246*	0.131		
家庭人口× asc	0.183	0.278		
劳动力人数× asc	-0.188	0.506		
耕地面积× asc	0.003	0.017		
平均田块面积× asc	0.005	0.042		
养殖情况× asc	-0.335	0.863		

表 5 (续)

技术使用经历× <i>asc</i>	0.729	0.703	
环境变化感知× <i>asc</i>	0.007	0.227	
环境污染认识× <i>asc</i>	-1.318	0.838	
样本观测值			2508
对数似然值			-624.438
Prob > chi2			0.000
卡方检验值 (12)			64.420

注: **、*和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

(二) 稻农偏好异质性及其规律

前文混合 Logit 模型验证了个体间偏好异质性的存在, 潜在类别模型可进一步识别受访者的偏好异质性, 并将相同偏好的稻农划分为同一类别。但潜在类别模型达到最优估计的分类结构需要提前确定, 一般参照三个标准: AIC 准则、BIC 准则和 CAIC 准则。本文计算了将稻农分为 2~8 类时 AIC、BIC 和 CAIC 的值, 其中, AIC 的最小估计值在第 7 类, BIC 和 CAIC 的最小估计值均在第 2 类。有学者指出, 依据 AIC 的最小估计值, 将受访者分为更多类别时模型才能达到最优估计 (Scarpa et al., 2007)。但是, 考虑到 AES 方案制订的复杂性和政策实施的成本, 本文以 BIC 和 CAIC 的最小估计值为参考将稻农分为 2 类。

本文以第 2 类稻农的特征为参照, 得到第 1 类稻农农户特征变量的估计结果。潜在类别模型完整估计结果如表 6 所示。

表 6 潜在类别模型的估计结果

变量	第 1 类稻农 (体力节约型)		第 2 类稻农 (时间节约型)	
	回归系数	标准误	回归系数	标准误
方案属性变量				
测土配方施肥	0.655**	0.298	1.420***	0.470
侧条施肥	0.079	0.293	1.742***	0.530
30%有机肥替代无机肥	-0.497	0.349	3.668***	0.825
秸秆还田	-0.666***	0.226	2.275***	0.800
诱虫板	0.259	0.378	2.329***	0.821
高效低毒生物农药	-2.640***	0.608	3.850***	1.133
生态沟渠长度	-0.077***	0.012	0.040	0.025
生态缓冲带宽度	0.381	0.246	-1.952***	0.609
田间技术培训	1.567***	0.298	-1.871**	0.753
村部技术培训	0.691***	0.244	-0.858*	0.521
乡镇技术培训	-0.424	0.336	-1.512**	0.606
补贴额度	0.011***	0.001	0.014***	0.003

表 6 (续)

农户特征变量		
性别	-2.284***	0.788
年龄	0.042	0.026
受教育程度	-0.328	0.449
家庭收入	-0.048	0.073
家庭人口	0.103	0.211
劳动力人数	0.102	0.362
耕地面积	0.001	0.008
平均田块面积	0.001	0.015
养殖情况	0.779	0.657
技术使用经历	-0.539	0.525
环境变化感知	-0.179	0.158
环境污染认识	-0.054	0.518
各类别稻农占比	0.565	0.435
各类别稻农参与率	0.451	0.496
样本观测值		2508
对数似然值		-638.283
AIC		1350.565
CAIC		1508.666
BIC		1471.666

注: ***, **和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

由表 6 结果可见, 第 1 类稻农占受访者总数的 56.5%, 第 2 类稻农占比 43.5%。两类稻农选择参与 AES 方案的平均概率差距不大, 分别为 45.1%和 49.6%, 与国外同类研究相比属较高水平。在 Schulz et al. (2014) 的研究中受访者被分为 2 类, 第 1 类受访者的 AES 方案参与率为 54.0%, 第 2 类受访者的 AES 方案参与率极低, 只有 3.3%。Permadi et al. (2017) 的研究将受访者分为 4 类, 其中第 1 类和第 3 类受访者的 AES 方案参与率分别为 88.0%和 65.0%, 而第 2 类和第 4 类稻农的 AES 方案参与率分别低至 0 和 6.0%。上述研究中均存在抵制参与的稻农类别。相比之下, 本研究中两类稻农参与率均属于较高水平, 且没有出现国际案例中参与率极低和抵制参与的情形。此外, 本研究中, 补贴额度越高, 两类稻农参与 AES 方案的概率越大。补贴是稻农参与的重要驱动力 (Christensen et al., 2011), 尤其是对于让其采纳复杂的绿色农业技术的情形 (Herzele et al., 2013)。以上研究结果表明, AES 方案在国内推行的可行性较高。

此外, 稻农对绿色农业技术与配套政策的选择偏好因类别而异。测土配方施肥、侧条施肥、30%有机肥替代无机肥、秸秆还田、诱虫板和高效低毒生物农药 6 种技术, 均对第 2 类稻农的参与有显著的正向作用。相较于第 2 类稻农, 测土配方施肥对第 1 类稻农的参与有显著的正向影响, 而侧条施肥和 30%有机肥替代无机肥的影响均不显著。秸秆还田和高效低毒生物农药技术对第 1 类稻农的参与具

有显著的负向影响，这与第2类稻农的偏好完全相反。这表明，如果将秸秆还田和高效低毒生物农药两个技术放到AES方案中，虽然会吸引第2类稻农参与，但会显著地抑制第1类稻农参与。生态沟渠技术对第1类稻农的参与有显著的负向影响，而生态缓冲带技术对第2类稻农的参与有显著的负向影响。这说明，这两项技术无论是哪一项被放到AES方案，都会降低其中一类稻农的参与率。可见，生态沟渠和生态缓冲带技术推广难度较大，需要注重补贴激励。对第1类稻农来说，田间技术培训和村部技术培训显著且系数为正，说明该类稻农偏好于在田间和村部参加技术培训。相较而言，第2类稻农对所有形式的培训均不偏好。可见，绿色农业技术与配套政策对稻农AES方案参与行为的影响很大。Raina et al. (2021) 也指出，方案属性可能比补贴更重要。以上结果表明：方案属性变量是稻农AES方案参与行为的主要影响因素；更值得注意的是，稻农对绿色农业技术的偏好异质性应是AES方案创设过程中需要考虑的重要因素。

与此同时，潜在类别模型还估计了农户特征变量对稻农参与AES方案的影响。所有农户特征变量中只有性别显著且系数为负。这说明，相对于第2类稻农，女性稻农有更大概率被划分到第1类。第1类稻农偏好的技术较少，但不能因此将第1类稻农简单定义为不积极参与的稻农，因为他们的参与率与第2类稻农基本持平，且参与技术指导与培训的意愿很强。近年来，妇女在农业劳动力中所占的比例增加，在中国某些地区，妇女甚至能占到农业劳动力的70%~80% (Smith and Siciliano, 2015)。女性受生理因素限制，倾向于参与劳动强度较低的农事活动，力量不足是女性在农业生产过程中面临的首要困难 (吴惠芳和饶静, 2009)。第2类稻农中男性居多，他们有足够的体力实施绿色农业技术，对化肥减施、秸秆还田和农药减施等技术的采纳意愿均较强。但是，如果要求男性稻农采纳生态缓冲带技术和参加技术培训，则需要给予他们补贴激励。原因可能包括以下两个方面：一方面，田间预留生态缓冲带会占用农地面积从而减少种植收益；另一方面，无论参加何种形式的培训都会占用他们的农闲时间进而影响外出务工。在中国，大田粮食作物的收益不足以支撑整个家庭的生活消费，承担更大养家责任的男性稻农需要更多时间外出兼业以获得更多收入 (Rao et al., 2012)。综上所述，第1类稻农主要以女性为主，偏好省力的农事活动；第2类稻农主要以男性为主，需要兼顾非农务工实现增收，偏好省时的农业实践。此外，北方稻农经营耕地总面积及平均田块面积较大，如果实施绿色农业技术必然要投入更多的劳动力和时间，这可能是主导这一分类的重要因素。因此，根据两类稻农的偏好及特征，本文将第1类稻农定义为以女性为主的“体力节约型”稻农，将第2类稻农定义为以男性为主的“时间节约型”稻农。

潜在类别模型估计结果表明，在绿色农业技术推广及AES方案推行的过程中，需要考虑两个方面：一是要考虑稻农对绿色农业技术与配套政策的偏好及异质性，以最大限度地减少稻农的反对意见；二是要着重考虑技术实施所需要的劳动力、时间和补贴。

(三) 基于偏好异质性的稻农受偿意愿计算

本文根据潜在类别模型的估计结果，从AES方案所包含具体属性的角度，按稻农偏好异质性计算出差异化且更具针对性的受偿意愿。受偿意愿根据(5)式计算，置信区间利用(6)式和(7)式计算，两类稻农受偿意愿计算结果如表7所示。由于偏好异质性的存在，两类稻农对每种绿色农业技术以及

不同培训方式所要求的受偿意愿也不同。对于稻农偏好的技术，即使政府补贴额度低，稻农也愿意采用；对于稻农非偏好的技术，政府给予稻农较高的补贴激励就显得尤为重要（Raina et al., 2021）。

第 1 类是以女性为主的体力节约型稻农，她们偏好劳动强度较低的测土配方施肥技术，且愿意付出时间参加在田间或者村部开展的技术培训。因此，如果上述三项被放入 AES 方案，则稻农愿意为此分别放弃 60.53、144.83 和 63.92 元/亩的补偿，即可签订保护合同。相反，对于第 1 类稻农非偏好的秸秆还田、高效低毒生物农药和生态沟渠技术，只有分别满足其 61.54、244.08 和 7.07 元/亩的受偿意愿他们才愿意采纳这些技术。

第 2 类是以男性为主的时间节约型稻农，他们不愿意付出时间参加任何形式的技术培训，对于接受田间、村部和乡镇三种技术培训方式的受偿意愿分别为 133.13、61.02 和 107.61 元/亩。另外，第 2 类稻农不愿意在田间预留生态缓冲带，只有满足其 138.91 元/亩的受偿意愿他们才愿意在田间预留缓冲带。其余大多数技术（例如测土配方施肥、侧条施肥、30%有机肥替代无机肥、秸秆还田、诱虫板和高效低毒生物农药）都很容易推进，第 2 类稻农愿意为采纳其偏好的这些技术而放弃 101.05~273.97 元/亩不等的补偿。

表 7 稻农受偿意愿计算 单位：元/亩

	第 1 类稻农			第 2 类稻农		
	受偿意愿	95%置信区间		受偿意愿	95%置信区间	
测土配方施肥	-60.53	-129.95	8.88	-101.05	-223.21	21.12
侧条施肥	—	—	—	-123.98	-208.17	-39.78
30%有机肥替代无机肥	—	—	—	-260.97	-377.42	-144.51
秸秆还田	61.54	21.22	101.87	-161.87	-275.26	-48.49
诱虫板	—	—	—	-165.73	-255.20	-76.27
高效低毒生物农药	244.08	142.94	345.21	-273.97	-450.95	-96.98
生态沟渠长度	7.07	6.61	7.53	—	—	—
生态缓冲带宽度	—	—	—	138.91	76.73	201.09
田间技术培训	-144.83	-154.94	-134.72	133.13	67.39	198.87
村部技术培训	-63.92	-70.88	-56.95	61.02	24.83	97.22
乡镇技术培训	—	—	—	107.61	54.27	160.95

注：“—”表示该变量在潜在类别模型的估计结果中不显著，在受偿意愿的计算中不予体现。

对比国内外相关研究，大多学者从化肥农药减量的整体角度计算受偿意愿，且受偿意愿在不同研究之间差距较大。在吕悦风等（2019）的研究中，稻农减少化肥施用量至参考量的受偿意愿为 58.83 元/亩。关海波等（2022）的研究结果显示，玉米种植户对减少 50%化肥施用量的受偿意愿区间为 218.00~452.57 元/亩。Beharry-Borg et al.（2013）的研究结果显示：化肥施用量减少 25%，受访者受偿意愿为 29.45 元/亩，化肥施用量减少 50%，其受偿意愿为 38.84 元/亩；农药减量 50%，其受偿意愿为 335.00~563.73 元/亩。栾若芳等（2021）认为，化肥农药两项减量 50%，农户受偿意愿为 109.35 元/亩。Bennett et al.（2018）的研究表明，目标农药使用量减少 1%，江苏省盐城市农户的受偿意愿为

0.76 元/亩。Lapierre et al. (2023) 计算了禁止除草剂使用时受访者的受偿意愿为 112.71 元/亩。相比之下, 本研究针对具体技术并结合稻农偏好异质性, 给出更加细致的受偿意愿。例如, 对于测土配方施肥技术, 由于两类稻农的偏好不同, 第 1 类稻农愿意为采纳自己偏好的技术放弃 60.53 元/亩的补偿, 而第 2 类稻农则愿意放弃 101.05 元/亩的补偿。而对于生物农药技术, 第 1 类稻农的受偿意愿为 244.08 元/亩, 而第 2 类稻农则因为偏好此技术, 即使放弃 273.97 元/亩的补偿也愿意采纳该技术。对比发现, 现有研究中秸秆还田的受偿意愿计算结果较为一致。有研究认为, 安徽省和山东省农户对小麦、水稻秸秆还田的平均受偿意愿分别为 55.98 元/亩和 66.38 元/亩 (许月艳等, 2018), 黑龙江省农户对农作物秸秆还田的平均受偿意愿为 40.00~80.00 元/亩 (李国志, 2018)。本研究中, 第 1 类稻农秸秆还田的受偿意愿为 61.54 元/亩, 与国内研究结果相近, 而第 2 类稻农由于偏好该技术, 愿意为采纳该技术放弃 161.87 元/亩的补偿。

(四) 最佳 AES 方案创设

根据上文计量分析结果, 本文创设出一套系统性的、兼具激励和约束性质的最佳 AES 方案。该方案包括必选部分、可选部分、培训要求、补贴额度及其他要求共五部分, 如表 8 所示。

表 8 最佳 AES 方案

方案模块	技术与配套政策类别	具体实施内容及要求	其他说明
绿色农业技术 (必选部分)	化肥减量	测土配方施肥、侧条施肥	二选一
	土壤有机质提升	30%有机肥替代无机肥、秸秆还田	二选一
	农药减量	诱虫板、高效低毒生物农药	二选一
绿色农业技术 (可选部分)	生态工程技术	生态沟渠	可选可不选
		生态缓冲带	可选可不选
配套政策及其他 要求	培训要求	田间技术培训、村部技术培训、乡镇技术培训	三选一
	补贴额度	参考表 7 稻农对每种技术的受偿意愿值以及当地条件进行计算, 完成合同内容方可获得相应补贴	补贴合计
	其他要求	补贴发放、监督、合同年限及退出要求等	

绿色农业技术必选部分是易推广的技术, 即政府主推、至少有一类稻农表现出偏好的技术, 主要涉及化肥减量、土壤有机质提升和农药减量三大技术类别。由于稻农在化肥、农药减施技术方面的偏好异质性, 可以将测土配方施肥和侧条施肥、诱虫板和高效低毒生物农药的选择设计为灵活的“二选一”。笔者在调查中发现, 秸秆还田存在尚未腐熟的秸秆在稻田灌水时飘起的现象, 从而影响水稻幼苗生长。本文认为, 在实际农业生产中可将 30%有机肥替代无机肥划为土壤有机质提升技术, 作为秸秆还田的有效补充。全国已有禁止秸秆焚烧的政策, 本文将秸秆还田技术纳入土壤有机质提升技术, 与 30%有机肥替代无机肥技术并列, 作为二选一放入必选部分也是合适的。这样, 三大技术类别中每一类有两种技术可供选择, 在吸引第 2 类稻农参与 AES 方案的同时, 也不会阻碍第 1 类稻农参与。这既充分展示政府的主导性, 又兼具选择的灵活性。

绿色农业技术可选部分是难推广的技术, 即政府主推但两类稻农均未表现出偏好的技术, 主要包括生态沟渠和生态缓冲带这类生态工程技术。将难推广的技术列为可选内容, 既能激励稻农在多选多

用多得补贴和不选不用不得补贴的博弈中，尽可能地选择并采纳实施，以实现自身利益最大化，又能达成政府生态环保初衷。因为稻农在必选部分中选择采用绿色农业技术获得应得的补贴之后，若在可选部分进一步选择采用某一生态工程技术，可获得额外补贴。这样，采纳绿色农业技术的稻农获得的生态补贴是层层递进的、累加的，优于传统“一刀切”的补贴标准。

配套政策及其他要求包括培训要求、补贴额度和其他要求三部分。其中，对于培训要求来说，基于上文计量分析结果，第1类稻农更倾向于在离家较近的田间或村部接受技术培训。但是，在现实中不能排除因为有补贴而愿意去距离较远的乡镇参加技术培训的稻农。因此，可将田间技术培训、村部技术培训和乡镇技术培训并列，作为三选一纳入培训要求的选项。对于补贴额度来说，按照稻农所选方案内容计算相应补贴。具体而言，主要是参照对稻农参与 AES 方案有显著影响的绿色农业技术与配套政策的受偿意愿，并结合当地补贴条件来具体计算方案补贴额度。至于其他要求，是指对于补贴发放、监督、方案执行合同年限及退出情形等的说明。

综上，最佳 AES 方案在创设与稻农选择上有很大的灵活性，这是促进稻农参与 AES 方案的关键因素。灵活性的设计不仅可以最大限度地提高稻农参与率，激励稻农采纳更多种类的绿色农业技术，而且还能将稻农采纳技术种类、数量及要求与补贴额度直接挂钩。最终，通过签约形式实现对稻农所选 AES 方案的督导约束，并保证绿色农业技术应用的可持续性。

五、结论与政策启示

本文以宁夏回族自治区引黄灌区和黑龙江省松花江流域问卷调查为基础，利用混合 Logit 模型和潜在类别模型深入挖掘稻农对绿色农业技术与配套政策的选择偏好、异质性及其规律，计算了偏好异质性视角下稻农的受偿意愿，并根据计量分析结果创设最佳 AES 方案。

（一）结论

第一，混合 Logit 模型结果显示，稻农整体偏好测土配方施肥技术与田间技术培训，而对秸秆还田、高效低毒生物农药、生态沟渠和生态缓冲带四种技术持消极态度。该模型结果还显示，稻农受教育程度越高、家庭收入越高，他们选择参与 AES 方案的概率就越大，即稻农人力资本水平对其参与 AES 方案有显著的正向影响。

第二，潜在类别模型结果进一步揭示，依照稻农个体偏好可将稻农分为以女性为主的体力节约型和以男性为主的时间节约型两大类，其占比分别为 56.50%和 43.50%。上述两类稻农的 AES 方案参与率分别为 45.11%和 49.59%，与国际同类研究结果相比属于较高水平。究其原因，政策性补贴是促使两类稻农积极参与 AES 方案的重要驱动力。

第三，绿色农业技术与配套政策是稻农参与 AES 方案的主要影响因素。对于体力节约型稻农，显著吸引其参与 AES 方案的是测土配方施肥、参加田间与村部技术培训，而秸秆还田、高效低毒生物农药和生态沟渠对其参与 AES 方案有显著的负向影响。对于时间节约型稻农，显著吸引其参与 AES 方案的是测土配方施肥、侧条施肥、30%有机肥替代无机肥、秸秆还田、诱虫板和高效低毒生物农药，生态缓冲带技术和三种培训均对其参与 AES 方案有显著的负向影响。

第四，因稻农对 AES 方案的选择偏好不同，其受偿意愿存在很大差异。本文根据稻农偏好异质性计算出差异化且更具针对性的受偿意愿。对于两类稻农偏好的技术，即便放弃一部分补偿他们也愿意采用这些技术；而对于两类稻农非偏好的技术，政府需给予稻农更高的补贴激励。

最终，本文创设了最佳农业环境计划方案，方案包括必选部分、可选部分、培训要求、补贴额度及其他要求五部分。必选部分是政府主推、至少有一类稻农表现出偏好的技术；可选部分也是政府主推但两类稻农均未表现出偏好的技术；培训要求是将田间技术培训、村部技术培训和乡镇技术培训并列纳入作为三选一；补贴额度主要参照对稻农参与 AES 方案有显著影响的绿色农业技术与配套政策的受偿意愿，按照稻农所选方案内容并结合当地补贴条件具体计算。其他要求包含补贴发放、监督、方案执行合同年限等的说明。最佳 AES 方案在技术推广、配套政策和补贴上既可充分展示政府的主导性，又适应不同类别稻农的偏好，兼具其选择的灵活性，最大限度地减少各类稻农的反对意见，提高其参与率。此外，最佳 AES 方案可以将稻农采纳技术种类、数量及要求与补贴额度直接挂钩。

（二）政策启示

第一，深化 AES 方案创设与推广方式革新。本研究通过离散选择实验方法实现农户参与式 AES 方案顶层设计与合同激励—约束型推广方式创新，突破了传统的自上而下命令式农技推广困境。这种政策创设方式有助于推动政府在依然保持农技推广主导作用的前提下，根据农户参与式的自下而上选择偏好创设农技推广新方式，让农户有主人翁意识并为自己的行为感到骄傲，从而长期参与到 AES 方案中来，进行可持续的农业绿色生产。

第二，注重 AES 方案的灵活性。基于混合 Logit 模型和潜在类别模型的估计结果，首先，农户的偏好异质性是政策创设应着重考虑的因素。对于目前正在推广的绿色农业技术，不应该无选择性地直接推向农户，考虑将哪些待推广技术以及配套政策纳入方案显得尤为重要。其次，高效、可持续的 AES 方案应该为农户提供多种选择，而非提供单一的、固定的技术或模式。再次，要考虑农户个体特征，尤其是女性稻农体力偏弱、偏好省力农事，男性稻农有非农务工增收需求、偏好省时农事。最后，灵活而不僵化的 AES 方案可以使一些属性适应不同类别农户的偏好，这样才能最大限度地减少各类农户的反对意见，从而最大限度地提高农户参与率。

第三，制定层层递进的绿色农业支持补贴机制。受偿意愿的计算结果表明，不同偏好类别的稻农对不同技术所要求的补贴额度不同，科学的农业支持补贴也应该是差异化的。根据稻农对 AES 方案选择偏好差异计算得到的受偿意愿，不仅能给补贴标准制定者提供更精准的参考，而且给补贴标准的制定创造更大的调整空间和节省补贴开支的潜力。同时，层层递进的补贴方式可以避免以往“一刀切”的补贴标准，有利于让自愿采纳更多绿色农业技术的稻农有机会获得更多的补偿，最终实现更好的政策实施效果和环保效果。

第四，推进农业支持补贴与绿色生产深度融合。农业支持补贴应基于农户的绿色生产实践。本研究通过计算受偿意愿和创设最佳 AES 方案，初步形成了与农户农业生产中绿色农业技术采纳直接挂钩的农业支持补贴标准核算方法。将补贴标准核算与农户采纳绿色农业技术种类、数量及要求直接挂钩，从而提高农业支持补贴政策的指向性、精准性和实效性，切切实实地将农业支持补贴与农业绿色生产

和环境保护关联。

第五，建立健全系统性的 AES 方案。未来，AES 方案必须强调系统性和完整性，避免“散装上阵”。在绿色农业技术种类上，应是农田系统内作物生产全过程所涉及系列绿色技术的集成，兼顾化肥减量、农药减量、拦截污染负荷进入外部环境等农田面源污染综合防控目的。在 AES 方案架构和功能上，除了要兼具激励、约束、可持续和灵活性外，还应强调系统性和完整性。

总之，本研究通过离散选择实验模拟农户真实政策采纳情景获取调查数据，并基于计量分析结果创设出综合性的最佳 AES 方案。该方案将补贴标准核算与农户采纳绿色农业技术种类、数量及要求直接挂钩，提高了农业支持补贴政策的指向性、精准性和实效性。这是农户参与式政策方案创设的一次有益的实践，为农业绿色发展和农户生产行为管理提供科学支撑，为农业政策创设提供宝贵经验和新的路径支持，是国内农业政策绿色转型的一次深入探索和创新。

参考文献

- 1.高杨、赵端阳、于丽丽，2019：《家庭农场绿色防控技术政策偏好与补偿意愿》，《资源科学》第10期，第1837-1848页。
- 2.关海波、梅香、张文娟、高慧、桑卫国，2022：《基于农用化学品施用控制的农田生态补偿标准测算——以大兴安岭南麓科尔沁右翼前旗为例》，《生态经济》第2期，第116-120页。
- 3.李国志，2018：《农户秸秆还田的受偿意愿及影响因素——基于Cox比例风险模型的实证研究》，《农林经济管理学报》第1期，第54-62页。
- 4.李凯，2016：《农业面源污染与农产品质量安全源头综合治理》，浙江大学博士学位论文。
- 5.栾若芳、文高辉、胡贤辉，2021：《基于农户受偿意愿的农业面源污染治理生态补偿标准及影响因素》，《生态学杂志》第9期，第2954-2966页。
- 6.卢洋啸、孔祥智，2019：《改革开放以来小农户与现代农业有机衔接的探索——文献综述视角》，《经济体制改革》第6期，第89-95页。
- 7.吕悦风、谢丽、孙华、王诗忠，2019：《基于化肥施用控制的稻田生态补偿标准研究——以南京市溧水区为例》，《生态学报》第1期，第63-72页。
- 8.全世文，2022：《论农业政策的演进逻辑——兼论中国农业转型的关键问题与潜在风险》，《中国农村经济》第2期，第15-35页。
- 9.魏后凯、叶兴庆、杜志雄、樊胜根、罗必良、刘守英、黄承伟，2022：《加快构建新发展格局，着力推动农业农村高质量发展——权威专家深度解读党的二十大精神》，《中国农村经济》第12期，第2-34页。
- 10.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。
- 11.肖小虹、王婷婷、王超，2019：《中华人民共和国成立70年来农业政策的演变轨迹——基于1949—2019年中国农业政策的量化分析》，《世界农业》第8期，第33-48页。
- 12.许月艳、颜廷武、李崇光，2018：《农民参与农作物秸秆资源化利用的受偿意愿分析——基于安徽、山东的调研

数据》，《中国农业资源与区划》第10期，第72-77页。

13.尹世久、林育瑾、尚凯莉，2020：《化学农药减施激励政策的农户偏好及其异质性研究：基于山东省1045个粮食种植户的选择实验》，《中国食品安全治理评论》第1期，第139-157页、第257-258页。

14.喻永红、张志坚、刘耀森，2021：《农业生态保护政策目标的农民偏好及其生态保护参与行为——基于重庆十区县的农户选择实验分析》，《中国农村观察》第1期，第85-105页。

15.俞振宁、谭永忠、茅铭芝、吴次芳、赵越，2018：《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》，《中国农村经济》第2期，第109-125页。

16.赵晓颖、郑军、张明月，2020：《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》，《技术经济》第4期，第103-111页。

17.Beharry-Borg, N., J. C. R. Smart, M. Termansen, and K. Hubacek, 2013, "Evaluating Farmers' Likely Participation in a Payment Program for Water Quality Protection in the UK Uplands", *Regional Environmental Change*, 13(3): 633-647.

18.Bennett, M. T., Y. Gong, and R. Scarpa, 2018, "Hungry Birds and Angry Farmers: Using Choice Experiments to Assess 'Eco-compensation' for Coastal Wetlands Protection in China", *Ecological Economics*, Vol. 154: 71-87.

19.Chang, S., D. Wuepper, A. Heissenhuber, and J. Sauer, 2017, "Investigating Rice Farmers' Preferences for an Agri-environmental Scheme: Is an Eco-label a Substitute for Payments?", *Land Use Policy*, Vol. 64: 374-382.

20.Chèze, B., M. David, and V. Martinet, 2020, "Understanding Farmers' Reluctance to Reduce Pesticide Use: A Choice Experiment", *Ecological Economics*, Vol. 167, 106349, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.06.004>.

21.Christensen, T., A. B. Pedersen, H. O. Niesen, M. R. Mørkbak, B. Hasler, and S. Denver, 2011, "Determinants of Farmers' Willingness to Participate in Subsidy Schemes for Pesticide-free Buffer Zones—A Choice Experiment Study", *Ecological Economics*, 70(8): 1558-1564.

22.Clark, M. D., D. Determann, S. Petrou, D. Moro, and E. W. de Bekker-Grob, 2014, "Discrete Choice Experiments in Health Economics: A Review of the Literature", *Pharmacoeconomics*, 32(9): 883-902.

23.Duke, J. M., A. M. Borchers, R. J. Johnston, and S. Absetzd, 2012, "Sustainable Agricultural Management Contracts: Using Choice Experiments to Estimate the Benefits of Land Preservation and Conservation Practices", *Ecological Economics*, 74(C): 95-103.

24.Emery, S. B., and J. R. Franks, 2012, "The Potential for Collaborative Agri-environment Schemes in England: Can a Well-designed Collaborative Approach Address Farmers Concerns with Current Schemes?", *Journal of Rural Studies*, 28(3): 218-231.

25.Guo, Q. X., and J. Y. Shen, 2020, "Valuing Rural Residents' Attitude Regarding Agri-environmental Policy in China: A Best-worst Scaling Analysis", No. DP2020-01, Discussion Paper Series, Research Institute for Economics & Business Administration, Kobe University, <https://www.rieb.kobe-u.ac.jp/academic/ra/dp/English/DP2020-01.pdf>

26.Herzele, A. V., A. Gobin, V. P. Gossam, L. Acosta, T. Waas, N. Dendoncker, and B. H. de Frahan, 2013, "Effort for Money? Farmers' Rationale for Participation in Agri-environment Measures with Different Implementation Complexity", *Journal of Environmental Management*, Vol. 131: 110-120.

- 27.Hole, A. R., 2007, "A Comparison of Approaches to Estimating Confidence Intervals for Willingness to Pay Measures", *Health Economics*, 16(8): 827-840.
- 28.Jaeck, M., and R. Lifran, 2014, "Farmers' Preferences for Production Practices: A Choice Experiment Study in the Rhone River Delta", *Journal of Agricultural Economics*, 65(1): 112-130.
- 29.Lancaster, K. J., 1966, "A New Approach to Consumer Theory", *Journal of Political Economy*, 74(2): 132-157.
- 30.Lapierre, M., G. L. Velly, D. Bougherara, R. Préget, and A. Sauquet, 2023, "Designing Agri-environmental Schemes to Cope with Uncertainty", *Ecological Economics*, Vol. 203, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107610>.
- 31.Lécole, P., R. Préget, and S. Thoyer, 2022, "Designing an Effective Small Farmers Scheme in France", *Ecological Economics*, Vol. 191, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107229>.
- 32.Luce, R. D., 1959, *Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis*, New York: Wiley, 1-153.
- 33.Mamine, F., M. Fares, and J. J. Minviel, 2020, "Contract Design for Adoption of Agri-environmental Practices: A Meta-analysis of Discrete Choice Experiments", *Ecological Economics*, Vol. 176, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106721>.
- 34.Pavlis, E. S., T. S. Terkenli, S. B. P. Kristensen, A. G. Busck, and G. L. Cosor, 2016, "Patterns of Agri-environmental Scheme Participation in Europe: Indicative Trends from Selected Case Studies", *Land Use Policy*, Vol. 57: 800-812.
- 35.Permadi, D. B., M. Burton, R. Pandit, I. Walker, and D. Race, 2017, "Which Smallholders are Willing to Adopt, Acacia Mangium, Under Long-term Contracts? Evidence from a Choice Experiment Study in Indonesia", *Land Use Policy*, Vol. 65: 211-223.
- 36.Provolo, G., G. Sali, C. Gandolfi, J. Jang, Y. Cho, and W. Magette, 2016, "Situation, Strategies and BMPS to Control Agricultural NPS Pollution in the European Union", *Irrigation and Drainage*, 65(S1): 86-93.
- 37.Raina, N., M. Zavalloni, S. Targetti, R. D'Alberto, M. Raggi, and D. Viaggi, 2021, "A Systematic Review of Attributes Used in Choice Experiments for Agri-environmental Contracts", *Bio-based and Applied Economics*, 10(2): 137-152.
- 38.Rao, J., X. T. Ji, W. Ouyangb, X. C. Zhao, and X. H. Lai, 2012, "Dilemma Analysis of China Agricultural Non-point Source Pollution Based on Peasants Household Surveys", *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 13: 2169-2178.
- 39.Scarpa, R., M. Thiene, and T. Tempesta, 2007, "Latent Class Count Models of Total Visitation Demand: Days out Hiking in the Eastern Alps", *Environmental & Resource Economics*, 38(4): 447-460.
- 40.Schulz, N., G. Breustedt, and U. Latacz-Lohmann, 2014, "Assessing Farmers' Willingness to Accept 'Greening': Insights from a Discrete Choice Experiment in Germany", *Journal of Agricultural Economics*, 65(1): 26-48.
- 41.Smith, L. E. D., and G. Siciliano, 2015, "A Comprehensive Review of Constraints to Improved Management of Fertilizers in China and Mitigation of Diffuse Water Pollution from Agriculture", *Agriculture Ecosystems & Environment*, Vol. 209: 15-25.
- 42.Smith, L. E. D., A. Inman, X. Lai, H. F. Zhang, F. Q. Meng, J. B. Zhou, S. Burke, C. Rahn, G. Siciliano, P. M. Haygarth, J. Bellarby, and B. Surridge, 2017, "Mitigation of Diffuse Water Pollution from Agriculture in England and China, and the Scope for Policy Transfer", *Land Use Policy*, Vol. 61: 208-219.
- 43.Train, K., 2009, *Discrete Choice Methods with Simulation*, New York: Cambridge University Press, Second edition, 11-169.

44.Wang, N. N., L. G. Luo, Y. R. Pan, and X. M. Ni, 2019, "Use of Discrete Choice Experiments to Facilitate Design of Effective Environmentally Friendly Agricultural Policies", *Environment, Development and Sustainability*, 21(4): 1543-1559.

(作者单位: ¹ 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所;

² 山东省农业科学院湿地农业与生态研究所;

³ 中国人民大学农业与农村发展学院)

(责任编辑: 黄 易)

Technology Preference Heterogeneity, Scheme Design of Farmers' Participation, and Green Transformation of Policies

WANG Nana WANG Zhigang LUO Lianguo

Abstract: Based on the discrete choice experiment, this paper designs agri-environmental schemes with respect to the green agricultural technologies and supporting policies. By using 836 questionnaires of rice farmers in Ningxia and Heilongjiang provinces, we use the mixed logit model and latent class model to analyze rice farmers' choices and willingness to accept, proposing the optimal agri-environmental schemes for the study areas. The empirical findings are as follows. First, rice farmers generally prefer to soil testing and formula fertilization with training in the field, but dislike other practices such as rice and wheat straw returning to the field, high-efficiency and low-toxicity bio-pesticides, and ecological ditches and buffer zones. Second, there is significant heterogeneity in farmers' preferences on various green agricultural technologies and training methods. Based on the preferences, we classify the farmers into two groups, namely, strength-saving farmers and time-saving farmers. The average probability of choosing agri-environmental schemes for the two groups is 45.11% and 49.59%, respectively, which are at a high level compared with foreign studies in the literature. Third, for the strength-saving rice farmers, soil testing and formula fertilization and training in the field and in the village significantly promote their participation, while rice and wheat straw returning to field, high-efficiency and low-toxicity bio-pesticides, and ecological ditches have significant negative effects. For the time-saving rice farmers, soil testing and formula fertilization, side bar fertilization, and 30% organic fertilizer as alternative to inorganic fertilizer, have significant and positive effects on their participation, while buffer zones and all kinds of training methods have significant and negative effects. Fourth, the heterogeneity preferences of rice farmers lead to great differences in their willingness to accept, and thus we calculate differentiated and more specific willingness to accept. They are willing to adopt their preferred technologies even if they receive lower subsidies; for technologies they do not prefer, it is particularly important for the government to provide additional subsidies. Finally, we propose the optimal agri-environmental scheme that consists of required section, optional section, training requirements, subsidy amount and other requirements.

Key Words: Green Agricultural Technologies; Agri-environmental Schemes; Green Transformation of Policies; Discrete Choice Experiment; Preference Heterogeneity