

果农对过量施肥的认知与测土配方施肥 技术采纳行为的影响因素分析*

——基于山东省9个县（区、市）苹果种植户的调查

张复宏 宋晓丽 霍 明

摘要：本文利用对山东省9个县（区、市）279户苹果种植户的调查数据，运用投入导向的径向超效率模型和双变量Probit模型分析了果农对过量施肥的认知与测土配方施肥技术采纳行为的影响因素，并测算了相关因素影响果农对过量施肥有一定程度认知及采纳测土配方施肥技术的边际效应。研究表明：山东省9个样本县（区、市）有8个在苹果种植中存在过量施肥问题，调查地区的平均过量施肥量达20.5公斤/亩，亩均施肥量有待降低的幅度都在14%以上；64.9%的果农对过量施肥缺乏认知，采纳测土配方施肥技术的果农仅占21.7%；果农对过量施肥的认知与其测土配方施肥技术采纳行为之间高度正相关。进一步的回归结果显示，文化程度较低、专业化程度较高、有外出打工经历、对过量施肥危害有所认知、参加过种植技术培训、果园土壤较肥沃的果农，对过量施肥有一定程度认知的概率更高；具备上述特征的果农，以及性别为女性、种植年限长、果园为标准化果园、园地较为集中的果农，更倾向于采纳测土配方施肥技术。

关键词：苹果种植户 过量施肥 测土配方施肥 双变量Probit模型

中图分类号：F323.22 **文献标识码：**A

一、引言

伴随着农业产业结构的调整和土地经营权流转的推进，农户将更多的承包地用于种植产量高、收益大的高价值农产品。同时，为了充分利用有限的土地资源、节省日益增长的人工成本，加大化肥、农药等生产要素投入几乎成为农业生产中的一种必然选择，导致化肥、农药等化学投入品在农业生产中经常被过量使用，致使地表水和地下水受到污染，农业生态环境日益恶化，农产品质量安

*本文研究受到2016年山东省社科规划办重点项目“基于面源污染的山东苹果环境全要素生产率提升机制研究”（编号：16BGJ08）、国家社会科学基金项目“农超对接供应链效果评价与政策优化研究”（编号：15BGL134）资助。感谢匿名审稿专家对本文提出的宝贵建议和有益评论，但文责自负。

全受到严重威胁。正如美国生物学家蕾切尔·卡逊在《寂静的春天》中所言：“农业面源污染与辐射一样正悄悄侵入人体。”2017年中央“一号文件”^①明确强调“要推行绿色生产方式，推进化肥农药零增长行动，深入实施土壤污染防治行动计划”。目前，农业已超越工业，成为中国最大的面源污染产业^②。化肥是农业面源污染的主要来源，中国农户过量施用化肥现象普遍，施肥增产效应的持续下降使化肥有效利用率很低（Huang et al., 2008），而判断农户是否过量施肥是衡量化肥是否得到有效利用和是否造成面源污染的关键。

针对农户过量施肥问题，学术界展开了较系统的研究，并取得了丰硕的成果。目前，中国化肥实际施用量已经超过了经济意义上的最优施用量，但是，学界对农户过量施肥的程度及原因尚存较多争论（Paudel et al., 2000; Abdoulaye and Sanders, 2005）。从农户过量施肥的影响因素看，研究者在分析农作物种植结构的变化与投入产出之间关系的过程中发现，种植结构从以大田作物为主转向以经济作物为主提高了单位面积土地上的化肥需求量（张卫峰等，2008; Xin et al., 2012）；农户在科学施肥方面知识的匮乏以及农村劳动力非农就业比例的上升容易导致过量施肥，例如，在水稻、小麦和玉米种植过程中，由于缺乏科学施肥方面的知识，农户倾向于在肥沃的土地上追加施肥，在贫瘠的土地上减少施肥（张福锁等，2008）；土地质量对玉米种植户的化肥过量施用量具有显著的负向影响（仇焕广等，2014）；农户的耕作习惯和农资供应商的建议在很大程度上影响着农户的亩均施肥量（高春雨等，2011），农户承包地面积对单位耕地化肥投入有显著的负向影响（李海鹏、张俊飏，2009）。此外，户主性别、年龄、受教育程度、技术培训参与状况、兼业经营状况等因素亦会对部分粮食作物生产中的化肥施用量产生影响（巩前文等，2010; 仇焕广等，2014）。

从面源污染治理的角度看，治理面源污染的关键在于源头治理，而其中迫切要解决的是科学施肥问题。测土配方施肥技术是降低农业面源污染的一条有效途径（葛继红等，2010）。实践表明，测土配方施肥在农业生产中具有显著的增收效应（张玉成，2010; 肖新成、谢德体，2016; 仇焕广等，2014），是一项精准的施肥技术，能大幅提高化肥利用效率（洪传春等，2015）。一些研究分析了影响农户选择测土配方施肥的主要因素，包括配方肥料的价格、是否参加了相关技术培训和指导以及户主受教育程度等（韩洪云、杨增旭，2011; 高辉灵等，2011; 褚彩虹等，2012）。

综合而言，影响农户过量施肥及是否采纳测土配方施肥技术的因素较多，且部分因素对两者的影响存在明显的交互关系，它们的作用不能一概而论；同时，大田作物和经济作物也应当区别对待。不过，现有相关研究大多以玉米、小麦、水稻等大田作物为分析对象，对水果、蔬菜等经济作物生产中过量施肥问题及农户测土配方施肥技术采纳行为及其影响因素展开分析的文献还较少见。为此，本文以苹果产业为例，运用山东省9个苹果主产县（区、市）的实地调查数据，对果农是否过量施肥进行测算，并建立双变量Probit模型分析果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为的影响

^①资料来源：<http://www.snkx.org/Article/news/201702/2638.html>。

^②中华人民共和国环境保护部、中华人民共和国国土资源部：《2014 全国土壤污染状况调查公报》，http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201404/t20140417_270670.htm。

因素，以期为推动苹果产业朝着资源节约型和环境友好型方向发展提供借鉴。

二、概念界定、研究假说和模型构建

（一）概念界定

按照成本—收益理论，作为理性的经济人，果农从事农业生产以利润最大化为目标，不断寻求土地、劳动、资本等生产要素的优化组合以获取最大收益。而化肥的过量投入会导致土壤酸化、土地板结、果实品质下降，不仅会造成投入成本上升、种植收入下降，而且还会导致农业面源污染，对自然生态环境造成极大破坏。测土配方施肥正是国家针对农业面源污染、生态环境恶化等问题于2005年启动的一项农业科技入户工程，目的是降低化肥投入量，提高化肥利用率。

目前，对于过量施肥如何界定，学界尚未达成共识。在本文中，过量施肥是指农户在农业生产中化肥的实际施用量超过生产所需的最优施用量。而农户对过量施肥的认知是指农户对农业生产过程中化肥实际施用量超过生产所需最优施用量是否有一定程度的认知。问卷中，“对过量施肥的认知”变量的测量问题是“您对种植过程中的过量施肥情况是否有认知”，而“测土配方施肥技术采纳行为”变量的测量问题是“您家是否进行了测土配方施肥”，答案选项包括“是”“否”两项，农户进行了测土配方施肥，则意味着该农户采纳了测土配方施肥技术。

（二）研究假说

按照计划行为理论，果农的经济社会文化特征因素会通过影响其信念而间接影响其行为态度、主观规范和知觉行为控制，并最终影响其行为。结合农户过量施肥影响因素的有关研究（例如巩前文等，2010；仇焕广等，2014），本文从受访者基本特征、生产经营特征、受访者认知特征和果园环境特征四方面提出果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为影响因素的假说。

参考巩前文等（2010）的研究结果，对于受访者特征，本文主要考虑年龄、性别及文化程度3个变量。一般而言，受访者文化程度越高，对过量施肥的认知能力越强（肖新成、谢德体，2016），接受新知识和新技术的能力也越强，因而也更容易理解过量施肥造成的危害而愿意采纳测土配方施肥技术。随着年龄的增长，农民会趋于思想保守，可能对过量施肥更缺乏认知，也更不愿意采纳测土配方施肥技术。与女性相比，男性农民外出打工的比例更高，与外界的接触面更广，更可能对过量施肥有一定程度的认知，也更容易采纳测土配方施肥技术。基于上述分析，本文提出如下假说：

假说1：果农年龄负向影响其对过量施肥的认知及其测土配方施肥技术采纳行为，文化程度有正向影响，男性果农更可能对过量施肥有一定程度的认知并更倾向于采纳测土配方施肥技术。

参考葛继红等（2010）和韩洪云、杨增旭（2011）的研究结果，对于农户生产经营特征，本文主要引入种植年限、种植规模、专业化程度、是否为标准化果园、户主是否曾外出打工5个变量。通常认为，种植年限长、种植规模大、专业化程度高、户主有外出打工经历的农户，更可能对过量施肥有一定程度的认知（肖新成、谢德体，2016）；并且，具备上述特征的农户，采纳测土配方施肥技术的可能性也会增强（张成玉，2010）。而果园为标准化果园的果农，由于集约化程度和专业化程度更高，更希望通过测土配方施肥技术来降低生产经营成本和经营风险（韩洪云、杨增旭，2011）。因

此，创建标准化果园，有助于改善果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为。基于上述分析，本文提出如下假说：

假说2：种植年限、种植规模、专业化程度、是否为标准化果园、户主是否曾外出打工正向影响果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为。

认知特征指果农对过量施肥及测土配方施肥技术的了解和掌握情况。多数农户认为，施肥量越多，产量会越高，却忽视了过量施肥的不良影响（仇焕广等，2014）。本文研究选择以下3个变量来反映果农的认知特征：果农对过量施肥危害的认知程度、对土壤环境保护相关政策的了解程度以及参与种植技术培训情况。按照认知行为理论，认知对行为起着中介与协调作用，人们可以通过正确解读外界环境事件的意义来改变认知，从而影响和修正行为。因此，对过量施肥危害认知程度更高、对土壤环境保护相关政策更了解、参与过种植技术培训的果农，对过量施肥的认知能力会更强，也更能理解过量施肥对环境造成的危害，因而更倾向于采纳测土配方施肥技术。基于上述分析，本文提出如下假说：

假说3：果农对过量施肥危害的认知程度、对土壤环境保护相关政策的了解程度及参与种植技术培训情况正向影响果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为。

参考仇焕广等（2014）的研究结论，果园环境特征主要包括果园土壤肥沃程度、果园地块分散程度以及果园离家远近程度3个变量。其中，果园土壤肥沃程度对果农的过量施肥具有显著的负向影响，而地块分散程度以及果园离家远近程度对果农过量施肥影响不显著（仇焕广等，2014）。而张福锁等（2008）的研究结果表明，农户倾向于在肥沃的土地上追加施肥。因此，果园土壤肥沃程度、果园地块分散程度以及果园离家远近程度对果农过量施肥认知的影响不确定。通常，果园土壤越肥沃，苹果产出会越好，基于成本与收益的考虑，果农越倾向于不采纳测土配方施肥技术。果园地块越分散、果园离家相对越远，苹果生产中人工投入及运输成本就会相对越高，果农越倾向于不采纳测土配方施肥技术。基于上述分析，本文提出如下假说：

假说4：果园土壤肥沃程度、果园地块分散程度、果园离家远近程度对果农的测土配方施肥技术采纳行为有负向影响，而对果农过量施肥认知的影响方向不确定。

（三）模型构建

1.化肥施用效率及过量施肥测算模型的构建。投入品使用效率的研究方法主要有参数估计法（随机前沿生产函数）和非参数估计法（数据包络分析）。鉴于两种方法的估计结果并无明显差异，而前一种方法对样本量有更高要求，因此，本文采用数据包络分析法，运用基于规模报酬不变的投入导向的径向超效率模型对果农的过量施肥程度进行定量估计：

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ & s.t. \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \lambda_j x_{hj} \leq \theta x_{hk}; \quad \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk} \end{aligned} \quad (1)$$

（1）式中，最优解 θ 代表技术效率值，反映的是在给定各种要素投入的条件下决策单元（DMU）

能实现的最大产出能力，其取值由第2行的规划式决定； λ 为决策单元的线性组合系数； x_{hj} 、 y_{rj} 分别表示投入向量、产出向量； h ($h=1, 2, \dots, m$) 代表投入向量的种类， r ($r=1, 2, \dots, q$) 代表产出向量的种类， j 代表需要测量的决策单元个数， k 代表投入、产出向量中的某一项。其中，产出变量为2012~2014年苹果亩均产量，投入变量受决策单元数量的限制，仅考虑了2个，分别为单位面积土地上化肥折纯施用量和人工投入量。这里的人工投入量依据《全国农产品成本收益资料汇编》(2013~2015年，历年)^①中山东省苹果种植每亩人工投入数据结合被调查地区的亩均产量通过换算得到。化肥投入向量 x_{hj} 的改进值代表化肥折纯过量施用量，用负数表示；实际调查的果农化肥折纯施用量为原始值，则最优施肥的目标值=原始值+改进值。

2.果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为影响因素的双变量Probit模型的构建。果农对过量施肥是否有一定程度的认知以及是否采纳测土配方施肥技术是两个二项选择问题。同时，按照认知行为理论，认知对行为起着中介与协调作用，认知能力的增强有助于改善和修正行为（唐孝威，2007），因而，提高果农对过量施肥的认知程度，能改善其测土配方施肥技术采纳行为。因此，本文尝试选用双变量Probit模型来分析相关影响因素。

将果农对过量施肥是否有一定程度的认知和是否采纳测土配方施肥技术的有关选项进行两两组合，可能产生4种结果，即“有一定程度的认知，采纳了测土配方施肥技术”“有一定程度的认知，未采纳测土配方施肥技术”“缺乏认知，采纳了测土配方施肥技术”和“缺乏认知，未采纳测土配方施肥技术”。如果分别用虚拟变量 D_i 和 S_i 来表示果农 i 的以上两种行为，且设 $D_i=1$ 表示“有一定程度的认知”， $D_i=0$ 表示“缺乏认知”， $S_i=1$ 表示“采纳了测土配方施肥技术”， $S_i=0$ 表示“未采纳测土配方施肥技术”，那么，以上可观测变量 D_i 和 S_i 两两配对的可能结果可简单表示为(1, 1)、(1, 0)、(0, 1)和(0, 0)。同时，认知和行为的形成都要经历一个渐进的变化过程，用 D_i^* 和 S_i^* 两个不可观测的潜变量分别表示果农对过量施肥的认知程度变化和测土配方施肥技术采纳行为的变化，其表达式如下：

$$\begin{cases} D_i^* = \alpha X_i + \varepsilon_i \\ S_i^* = \beta Z_i + \mu_i \end{cases} \quad (2)$$

(2)式中， X_i 和 Z_i 分别表示上述假说中言及的影响果农对过量施肥认知程度和测土配方施肥技术采纳行为的自变量向量， α 和 β 是待估系数向量， ε_i 和 μ_i 为误差项，假定 ε_i 和 μ_i 服从联合正态分布，即：

^①国家发展和改革委员会价格司，2013~2015年（历年）：《全国农产品成本收益资料汇编》，中国统计出版社。

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_i \\ \mu_i \end{pmatrix} \sim N \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix} \right\} \quad (3)$$

(3) 式中, ρ 是 ε_i 和 μ_i 的相关系数。 $D_i^* > 0$, 表示果农对过量施肥的认知为正, 即有一定程度的认知; 同理, $S_i^* > 0$, 表示果农在一定程度上采纳了测土配方施肥技术。那么, D_i^* 与 D_i 、 S_i^* 与 S_i 的关系可由以下方程决定:

$$D_i = \begin{cases} 1, & \text{若 } D_i^* > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad S_i = \begin{cases} 1, & \text{若 } S_i^* > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

(4) 式中两个方程的唯一联系是扰动项 ε_i 和 μ_i 的相关性。若 $\rho = 0$, 则 (4) 式方程等价于两个单独的 Probit 模型。若 $\rho \neq 0$, 则 D_i^* 和 S_i^* 之间存在相关性, 可利用双变量 Probit 模型对 D_i 和 S_i 的取值概率进行最大似然估计。若 $\rho > 0$, D_i 和 S_i 之间存在互补效应; 若 $\rho < 0$, D_i 和 S_i 之间存在替代效应。以 ρ_{11} 为例, 具体计算过程如下:

$$\begin{aligned} \rho_{11} &= p(D_i = 1, S_i = 1) = p(D_i^* > 0, S_i^* > 0) \\ &= p(\varepsilon_1 > -\alpha X_i, \varepsilon_2 > -\beta Z_i) \\ &= p(\varepsilon_1 < -\alpha X_i, \varepsilon_2 < -\beta Z_i) \\ &= \Phi(\alpha X_i, \beta Z_i, \rho) \end{aligned} \quad (5)$$

同理, 可以计算得到 ρ_{10} 。然后, 根据本文研究主题, 采用最大似然法对 ρ_{11} 、 ρ_{10} 进行联合估计, 其对数似然函数如下:

$$\begin{aligned} \ln L \sum_{i=1}^N \{ & D_i S_i \ln \Phi_2(\alpha X_i; \beta Z_i; \rho) + D_i (1 - S_i) \ln [\Phi(\alpha X_i) - \Phi_2(\alpha X_i; \beta Z_i; \rho)] \\ & + (1 - D_i) \ln \Phi(-\alpha X_i) \} \end{aligned} \quad (6)$$

(5) 式和 (6) 式中, $\Phi(\cdot)$ 为累积标准正态分布函数, L 为似然函数, $\Phi_2(\cdot)$ 为二元累积正态分布函数, 该函数的期望值为 0, 方差为 1, ρ 为相关系数。

最后, 通过检验原假设 “ $H_0: \rho = 0$ ” 来判断是对两个单独的 Probit 模型分别进行估计, 还是应该使用双变量 Probit 模型。如果检验结果拒绝原假设, 则有必要使用双变量 Probit 模型。

三、数据来源及样本基本情况

(一) 数据来源和样本情况

本文研究所用数据来源于山东农业大学国家苹果工程中心调研团队于 2015 年暑假期间对山东苹果主产区果农开展的问卷调查。山东省是中国苹果生产大省, 苹果单产居全国首位。调查分为两个阶段: 第一阶段, 首先选取沂源县悦庄镇、南麻镇、东里镇、土门镇、西里镇为预调查乡镇, 再从

每个镇随机抽取6户苹果种植户开展预调查,并修改完善问卷。第二阶段,选择调查区域集中开展调查。从2014年山东省苹果产量的地区分布情况看,烟台市是山东重要的苹果主产区,2014年苹果产量为422万吨,占山东省当年苹果总产量的45.4%;而淄博市、临沂市也是山东苹果主产区,2014年苹果产量均为55万吨以上。考虑到自然环境的差异,且不同地块和不同地区土壤的肥沃程度会存在明显差异,为便于分析,课题组倾向于选择苹果种植集中且相邻的区域为调查区域,范围涵盖地处山东省东部地区的烟台市蓬莱市、莱阳市、栖霞市、海阳市、龙口市、招远市、牟平区以及地处山东省中部地区的淄博市沂源县、临沂市蒙阴县这9个苹果主产区(区、市)。调查采用分层随机抽样方法,先从每个样本县(区、市)选取4个样本乡镇,再从每个样本乡镇选取4个样本村,最后从每个样本村随机抽取2户(部分样本村为3户)苹果种植户为样本果农,进而选择户主或主要从事苹果种植的家庭成员(户主外出的情况下)为受访者。此次调查共计发放问卷300份,调查人员与受访者面谈,现场填写调查问卷。对问卷进行认真审核后,本文研究得到有效问卷279份,问卷有效率为93%。有效样本的地区分布情况见表1。

表1 有效样本的地区分布情况

样本市	样本县 (市、区)	有效样本量 (户)	比例 (%)	样本市	样本县 (市、区)	有效样本量 (户)	比例 (%)
烟台市	蓬莱市	31	11.11	烟台市	招远市	28	10.04
烟台市	莱阳市	28	10.04	烟台市	牟平区	29	10.39
烟台市	栖霞市	34	12.19	淄博市	沂源县	38	13.62
烟台市	海阳市	33	11.83	临沂市	蒙阴县	27	9.67
烟台市	龙口市	31	11.11	合计	—	279	100.00

(二) 样本基本特征

由表2可以看出,受访者以女性为主;近六成受访者的年龄为50岁以上;文化程度普遍不高,近五成受访者的文化程度为小学及以下,文化程度为高中及以上的受访者几乎没有。样本果农的苹果种植规模较小,约八成果农的种植规模为5~7亩;样本果农的专业化程度普遍较高,六成以上样本果农的苹果生产收入占家庭总收入的比例超过80%;且样本果农的果园以普通果园为主。总体上看,样本果农具有一定程度的代表性。

表2 受访者和样本果农的基本特征描述

类型	选项	频数(人)	百分比(%)	类型	选项	频数(户)	百分比(%)
性别	男	102	36.6	苹果生产收入占家庭总收入的比例	60%以下	33	11.8
	女	177	63.4		60%~80%	63	22.6
年龄	35岁以下	11	3.9	80%以上	183	65.6	
	35~50岁	103	36.9	种植规模	2亩及以下	11	3.9

果农对过量施肥的认知与测土配方施肥技术采纳行为的影响因素分析

	50岁以上	165	59.2		2~4亩	43	15.4
	小学及以下	137	49.1		5~7亩	225	80.7
文化	初中	142	50.9		7亩以上	0	0.0
程度	高中、中专或技校	0	0	果园类型	普通果园	224	80.3
	大专及以上学历	0	0		标准化果园	55	19.7

四、结果与分析

(一) 果农化肥过量施用与测土配方施肥技术采纳情况分析

本文利用MaxEDA软件,运用投入导向的径向超效率模型,对9个样本县(区、市)果农的产出效率以及改进值进行了测算,结果见表3。

表3 2012~2014年样本果农平均化肥投入与产出效率情况

指标	蓬莱	莱阳	栖霞	海阳	龙口	招远	牟平	沂源	蒙阴	总样本
平均经营面积(亩)	4.13	3.55	3.43	2.73	3.20	3.68	3.53	4.14	5.07	3.72
平均亩产(公斤/亩)	4950	4040	3020	2925	3400	3750	3845	2990	2750	3519
有机肥施用量(公斤/亩)	728.50	705.80	472.50	453.50	672.50	701.50	605.0	420.40	402.50	573.60
化肥实际施用量(公斤/亩)	136.30	151.60	129.40	104.30	127.20	179.10	83.00	126.10	120.00	128.60
化肥施用量目标值(公斤/亩)	106.80	129.80	107.70	63.10	121.20	133.70	105.90	106.60	98.10	108.10
化肥施用量改进值(公斤/亩)	-29.50	-21.80	-21.70	-41.20	-6.00	-45.40	0.00	-19.50	-21.90	-20.50
化肥施用量平均改进幅度(%)	-21.60	-14.40	-16.80	-39.50	-4.70	-25.30	0.00	-15.40	-18.30	-15.90
技术效率值	0.91	0.74	0.73	0.80	0.78	0.71	1.28	0.74	0.72	0.82

总体上看,9个样本县(区、市)样本果农2012~2014年化肥实际施用量平均为128.6公斤/亩,而通过投入导向的径向超效率模型计算得出的化肥施用量目标值平均为108.1公斤/亩。这说明,调查地区苹果种植中化肥过量施用量平均达20.5公斤/亩。从调查地区化肥施用量改进值来看,9个样本县(区、市)中,8个样本县(区、市)在苹果种植中存在明显的过量施肥问题,其中,海阳、招远、蓬莱、栖霞、莱阳5个县(市)以及蒙阴县和沂源县苹果种植中过量施肥情况均较为严重,平均每亩化肥施用量有待降低的幅度都在14%以上,而化肥施用量表现较好的两个地区为龙口市和牟平区。虽然调查地区相邻,但果农实际化肥施肥量与化肥施用量目标值之间却存在着较大差异,表明调查地区存在较为普遍的果农过量施肥问题。从投入产出效率的视角看,苹果种植技术效率值较高的地区是牟平区和蓬莱市,其他地区这一效率值均小于0.9,说明多数调查地区在苹果种植中都存在投入产出比例失衡问题。

从肥料品种的选择看,果农在苹果种植中侧重于施用复合肥、有机肥(包括商品有机肥和农家肥)并搭配少量氮肥(尿素)。施用复合肥的果农占85.2%,施用有机肥的果农占78.4%,施用尿素

的果农占38.3%，既施用有机肥又施用复合肥的果农占68.6%。由此可见，山东苹果主产区苹果种植中主要施用的肥料为有机肥和复合肥。而苹果平均产量较高的地区主要是有机肥施用量较多的地区，例如，蓬莱市和莱阳市样本果农2012~2014年苹果平均产量为4000公斤/亩以上，有机肥平均施用量均为700公斤/亩以上；而苹果平均产量相对较低的地区也是有机肥施用量偏少的地区，例如，沂源县和蒙阴县样本果农2012~2014年苹果平均产量低于3000公斤/亩，平均有机肥施用量均不足450公斤/亩。这也从侧面印证了有机肥施用过少会对苹果产量造成一定程度的负面影响。

调查结果显示，目前采纳测土配方施肥技术的果农还相对较少，仅占21.7%；对过量施肥有一定程度认知的果农占35.1%，其中，有56.1%的果农采纳了测土配方施肥技术；对过量施肥缺乏认知的果农占64.9%，其中，仅3.3%的果农采纳了测土配方施肥技术。这表明，一方面，大多数果农对过量施肥缺乏认知，测土配方施肥技术的应用并不广泛；另一方面，果农对过量施肥的认知与其测土配方施肥技术采纳行为之间存在着相关性，相关性分析结果显示，两者间的相关系数高达0.86。

综合来看，作为山东省重要的农业支柱性产业，苹果种植中存在较为严重的过量施肥问题。为采取针对性措施，有必要分析影响果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为的因素。

(二) 果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为影响因素的实证分析

1. 变量定义及描述性统计。被解释变量和解释变量的含义及描述性统计结果见表4。

变量名称	变量含义及赋值	平均值	标准差
对过量施肥的认知	缺乏认知=0；有一定程度的认知=1	0.351	0.478
测土配方施肥技术采纳行为	没有采纳=0；采纳=1	0.217	0.286
受访者基本特征			
性别	女=0；男=1	0.366	0.482
年龄	受访者2015年时的年龄（周岁）	51.025	9.483
文化程度	受访者受教育年限（年）	7.642	5.223
生产经营特征			
种植规模	2012~2014年苹果种植面积的平均值（亩）	4.128	31.484
种植年限	实际已种植苹果的年限（年）	27.625	2.067
是否为标准化果园	否=0；是=1	0.197	0.399
专业化程度	2015年苹果生产收入占家庭总收入的比例（%）	79.194	21.731
是否曾外出打工	“您曾经或近期是否外出务工？” 否=0；是=1	0.606	0.490
受访者认知特征			
对过量施肥危害的认知	“您是否了解过量施肥的危害？” 不知道=1；听说过=2；有所了解=3；非常了解=4	2.799	1.016
对土壤环境保护政策的认知	“您是否了解土壤环境保护相关政策？” 不知道=1；听说过=2；有所了解=3；非常了解=4	1.620	0.486

果农对过量施肥的认知与测土配方施肥技术采纳行为的影响因素分析

影响对过量施肥的认知 的种植技术培训参与情况	“您曾经或近期参与过种植技术相关培训的频次如何？”没有参与=1；很少参与=2；经常参与=3	1.760	0.468
果园环境特征			
果园土壤肥沃程度	“果园地块的肥沃程度如何？”差=1；一般=2；较好=3；很好=4	2.473	0.677
果园地块分散程度	“果园地块的分散程度如何？”集中=1；较集中=2；分散=3	2.197	0.399
果园离家远近程度	“果园距离家的远近状况如何？”近=1；较近=2；较远=3	2.466	0.666

2.模型估计结果。本文研究运用Stata13.0软件对模型进行拟合，所得到的估计结果如表5所示。结果显示，对数似然值为-176.134，卡方值为173.266，p值为0.000，模型在1%的统计水平上通过了显著性检验。 ρ 为0.998，在1%的统计水平上显著。这说明，果农对过量施肥的认知与测土配方施肥技术采纳行为之间存在一定的互补效应，即果农对过量施肥的认知对其测土配方施肥技术采纳行为具有积极影响。原假设“ $H_0: \rho = 0$ ”不成立，说明应该采用双变量Probit模型进行参数估计。调查结果显示，采纳测土配方施肥技术的果农绝大多数对过量施肥具有一定程度的认知；而在对过量施肥缺乏认知的果农中，仅有3.3%的果农采纳了测土配方施肥技术，所占比例很低。

表5 果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为影响因素的双变量Probit模型估计结果

解释变量	对过量施肥的认知		测土配方施肥技术采纳行为		边际效应	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
受访者基本特征						
性别	-0.112	0.193	-0.323*	0.195	-0.035	0.060
年龄	0.071	0.280	-0.087	0.282	0.022	0.088
文化程度	-0.647**	0.262	-0.556**	0.261	-0.203**	0.083
生产经营特征						
苹果种植规模	0.059	0.198	0.053	0.211	0.018	0.062
种植年限	0.139	0.103	0.215**	0.106	0.044	0.032
是否为标准化果园	0.232	0.230	0.536**	0.229	0.073	0.072
专业化程度	0.030***	0.010	0.220**	0.110	0.110***	0.003
是否曾外出打工	0.829***	0.227	1.103***	0.232	0.261***	0.070
受访者认知特征						
对过量施肥危害的认知	0.264**	0.094	0.189**	0.092	0.064**	0.030
对土壤环境保护政策的认知	0.238	0.198	0.232	0.201	0.075	0.062
影响对过量施肥的认知的种植技术培训参与情况	1.433***	0.339	1.351***	0.337	0.451***	0.092
果园环境特征						
果园土壤肥沃程度	0.280**	0.140	0.369**	0.145	0.088**	0.044
果园地块分散程度	-0.257	0.221	-0.372*	0.222	-0.081	0.069
果园离家远近程度	-0.031	0.139	-0.042	0.140	-0.096	0.044

常数项	-7.573***	1.578	-6.260**	1.546	—	—
-----	-----------	-------	----------	-------	---	---

注：*、**、***分别表示在10%、5%和1%的统计水平上通过了显著性检验。

3.模型估计结果的分析。(1) 受访者基本特征的影响。文化程度显著影响果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为，且系数为负，与预期相反。这可能与受访果农的文化程度普遍较低有关。统计分析结果显示，小学及以下文化程度的受访果农占49.1%，高中及以上文化程度的受访果农为0。文化程度变量的边际效应为-0.203且在5%的统计水平上通过了显著性检验。这说明，受教育年限每增加1年，果农对过量施肥有一定程度认知并采纳测土配方施肥技术的概率将降低20.3%。调查结果显示，在文化程度为小学及以下的果农中，对过量施肥有一定程度认知的人占37.6%，采纳测土配方施肥技术的人占44.3%；而在文化程度为初中的果农中，对过量施肥有一定程度认知的果农所占比例下降至21.4%，采纳测土配方施肥技术的果农所占比例下降至30.9%。

性别和年龄对果农的过量施肥认知影响不显著，年龄对果农的测土配方施肥技术采纳行为影响也不显著，但性别显著影响果农的测土配方施肥技术采纳行为，且系数为负，与预期不符。可能的原因是，女性受访者所占比例较高，占了样本总量的63.4%。

(2) 生产经营特征的影响。从生产经营特征的影响看，专业化程度、是否曾外出打工显著影响果农对过量施肥的认知，且系数为正，与预期相符。这说明，专业化程度越高，果农越可能对过量施肥有一定程度的认知；相比于没有外出打工经历的果农，有外出打工经历的果农对过量施肥有一定程度认知的可能性更大。种植规模、种植年限、是否为标准化果园对果农的过量施肥认知影响不显著。其原因可能是，样本果农的户均种植规模普遍较小，平均种植面积为3.72亩，远未形成规模经营；样本果农的苹果种植年限普遍较长，平均约为27年；果园为标准化果园的果农所占比例较低，仅为19.7%。因而，果农在对过量施肥的认知方面差异较小。

种植年限、是否为标准化果园、专业化程度、是否曾外出打工显著影响果农的测土配方施肥技术采纳行为，且系数为正。统计分析结果显示，在种植年限分别为0~5年、5~10年、10~20年、20年以上的果农中，采纳测土配方施肥技术的所占比例分别为2%、38.7%、43.2%、47.8%，呈明显递增趋势。在果园为标准化果园的果农中，采纳测土配方施肥技术的人占58.2%；而在果园为普通果园的果农中，这一比例下降至38.4%。在苹果生产收入占家庭总收入的比例分别为60%以下、60%~80%、80%以上的果农中，采纳测土配方施肥技术的人所占比例分别为30.4%、34.9%、39.3%，呈明显递增趋势。在没有外出打工经历的果农中，采纳测土配方施肥技术的人占39.1%；而在有外出打工经历的果农中，这一比例为60.9%，明显更高。以上统计分析结果在一定程度上印证了上述估计结果。

边际效应的估计结果显示，苹果生产收入占家庭总收入的比例每增加1个百分点，果农对过量施肥有一定程度认知并采纳测土配方施肥技术的可能性要高出11%；与没有外出打工经历的果农相比，有外出打工经历的果农对过量施肥有一定程度认知并采纳测土配方施肥技术的可能性要高出26.1%。统计分析结果也显示，在苹果生产收入占家庭总收入的比例分别为60%以下、60%~80%、80%以上的果农中，对过量施肥有一定程度认知的人所占比例分别为21.2%、30.2%、39.3%，呈明显递增趋势。在没有外出打工经历的果农中，对过量施肥有一定程度认知的人所占比例为39.7%；

而在有外出打工经历的果农中，这一比例为60.3%，明显更高。

(3) 受访者认知特征的影响。对过量施肥危害的认知、影响对过量施肥的认知的种植技术培训参与情况均显著影响果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为，且系数为正，与预期相符。这说明，了解过量施肥的危害和参与过种植技术培训的果农，对过量施肥有一定程度认知的可能性更大，也更倾向于采纳测土配方施肥技术。边际效应的估计结果显示，对过量施肥危害的认知程度每提升1个层次，果农对过量施肥有一定程度认知并采纳测土配方施肥技术的可能性将提高6.4%；参与种植技术培训的频次每提升1个层次，果农对过量施肥有一定程度认知并采纳测土配方施肥技术的可能性将增加45.1%。统计分析结果显示，在对过量施肥危害的认知程度分别为“听说过”“有所了解”和“非常了解”的果农中，对过量施肥有一定程度认知的人分别占11.1%、27.8%和57.4%，采纳测土配方施肥技术的人分别占11.1%、35%和64.7%；在“没有参与”“很少参与”和“经常参与”种植技术培训的果农中，对过量施肥有一定程度认知的人分别占2.6%、20.9%和68.2%，采纳测土配方施肥技术的人分别占2.5%、12.2%和57.9%，均呈依次递增趋势。对土壤环境保护政策的认知未通过显著性检验，可能的原因是，目前广大果农对这方面政策都不太了解，生态环保意识都不强，绿色发展理念尚未形成。

(4) 果园环境特征的影响。果园土壤肥沃程度显著影响果农对过量施肥的认知及测土配方施肥技术采纳行为，且系数为正，说明果园土壤肥沃的果农更可能对过量施肥有一定程度的认知，并更倾向于采纳测土配方施肥技术。这与仇焕广等（2014）的研究结论相同。边际效应的估计结果显示，果园土壤肥沃程度每提升1个档次，果农对过量施肥有一定程度认知并采纳测土配方施肥技术的可能性将提高8.8%。统计分析结果显示，在果园土壤肥沃程度为“差”“一般”“较好”“很好”的果农中，对过量施肥有一定程度认知的人分别占16.7%、35.3%、35.9%、54.6%，采纳测土配方施肥技术的人分别占16.7%、44.3%、42.2%、63.6%，总体上呈递增趋势。

果园地块分散程度对果农的过量施肥认知影响不显著，但对果农的测土配方施肥技术采纳行为影响显著，且系数为负，与预期相符。这说明，园地相对集中时，更便于管理，这有利于激发果农采纳测土配方施肥技术的积极性。统计分析结果显示，果园地块分散程度分别为“集中”“较集中”“分散”的果农中，采纳测土配方施肥技术的人分别占43.3%、38.2%、2.4%，呈递减趋势。果园离家远近程度没有通过显著性检验，即果园离家远近程度没有影响果农对过量施肥的认知和测土配方施肥技术采纳行为。调查中发现，样本果农的种植规模相对较小，且许多果农在果园里搭建了临时住所，以便于进行果园管理。

五、结论和政策启示

本文利用山东省9个县（区、市）279户苹果种植户的调查数据，运用投入导向的径向超效率模型分析了果农过量施肥现状，并运用双变量Probit模型分析了影响果农对过量施肥的认知和测土配方施肥技术采纳行为的因素，得到以下结论：山东省9个样本县（区、市）中有8个在苹果种植中存在过量施肥问题；果农对过量施肥的认知与测土配方施肥技术采纳行为之间高度正相关；文化程度较

低、专业化程度较高、有外出打工经历、对过量施肥危害有所认知、参加过种植技术培训、果园土壤较肥沃的果农，对过量施肥有一定程度认知的可能性更高；具备上述特征的果农，以及性别为女性、种植年限长、果园为标准化果园、园地较为集中的果农，更倾向于采纳测土配方施肥技术。

上述研究结论为适当扩大果农种植规模、加强对果农的农业技术培训、积极创建标准化果园等一系列良好做法的推行提供了一定依据。在改善果农种植行为方面的政策启示有：第一，政府应通过促进高等院校和科研院所做好相关公益性服务、引导市场提供经营性服务等方式推动科技下乡，在苹果优生区加强促进科学施肥的种植技术培训，更多地向果农推广一些资源节约型、环境友好型的实用种植技术。第二，对积极采用测土配方肥和商品有机肥的果农予以适当的政策补贴，激发果农采纳测土配方施肥技术、增施有机肥的积极性，减少农业面源污染，提升果品品质。第三，通过规范土地经营权有序流转，适当扩大果农种植规模，促进科学施肥，创建标准化果园，促进果园标准化生产体系建设。

参考文献

- 1.褚彩虹、冯淑怡、张蔚文，2012：《农户采用环境友好型农业技术行为的实证分析——以有机肥与测土配方施肥技术为例》，《中国农村经济》第3期。
- 2.高春雨、王立刚、李虎、邱建军，2011：《区域尺度农田N₂O排放量估算研究进展》，《中国农业科学》第2期。
- 3.高辉灵、梁昭坚、陈秀兰、徐学荣，2011：《测土配方施肥技术采纳意愿的影响因素分析——基于对福建省农户的问卷调查》，《福建农林大学学报（哲学社会科学版）》第1期。
- 4.葛继红、周曙东、朱红根、殷广穗，2010：《农户采用环境友好型技术行为研究——以配方施肥技术为例》，《农业技术经济》第9期。
- 5.巩前文、穆向丽、田志宏，2010：《农户过量施肥风险认知及规避能力的影响因素分析——基于江汉平原284个农户的问卷调查》，《中国农村经济》第10期。
- 6.韩洪云、杨增旭，2011：《农户测土配方施肥技术采纳行为研究——基于山东省枣庄市薛城区农户调研数据》，《中国农业科学》第23期。
- 7.洪传春、刘某承、李文华，2015：《我国化肥投入面源污染控制政策评估》，《干旱区资源与环境》第4期。
- 8.蕾切尔·卡森，2015：《寂静的春天》，吕瑞兰、李长生、鲍冷艳译，北京：中国青年出版社。
- 9.李海鹏、张俊飏，2009：《中国农业面源污染的区域分异研究》，《中国农业资源与区划》第2期。
- 10.仇焕广、栾昊、李瑾、汪阳洁，2014：《风险规避对农户化肥过量施用行为的影响》，《中国农村经济》第3期。
- 11.唐孝威，2007：《统一框架下的心理学与认知理论》，上海：上海人民出版社。
- 12.肖新成、谢德体，2016：《农户对过量施肥危害认知与规避意愿的实证分析——以涪陵榨菜种植为例》，《西南大学学报（自然科学版）》第7期。
- 13.张成玉，2010：《测土配方施肥技术推广中农户行为实证研究》，《技术经济》第8期。
- 14.张福锁、王激清、张卫峰、崔振岭、马文奇、陈新平、江荣风，2008：《中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径》，《土壤学报》第5期。

15.张卫峰、季玥秀、马骥、王雁峰、马文奇、张福锁, 2008:《中国化肥消费需求影响因素及走势分析 II 种植结构》,《资源科学》第1期。

16.Abdoulaye, T., and John H. Sanders, 2005, “Stages and Determinants of Fertilizer Use in Semiarid African Agriculture: The Niger Experience”, *Agricultural Economics*, 32(2): 167-179.

17.Huang, J. K., Ruifa Hu, Jianmin Cao, and Scott Rozelle, 2008, “Training Programs and In-the-field Guidance to Reduce China’s Overuse of Fertilizer without Hurting Profitability”, *Journal of Soil and Water Conservation*, 63(5): 165-167.

18.Paudel, K. P., L. Lohr, and N. R. Martin, 2000, “Effect of Risk Perspective on Fertilizer Choice by Sharecroppers”, *Agricultural Systems*, 66(2): 115-128.

19.Xin, Liangjie, Xiubin Li, and Minghong Tan, 2012, “Temporal and Regional Variations of China’s Fertilizer Consumption by Crops during 1998-2008”, *Journal of Geographical Sciences*, 22(4): 643-652.

Excess Fertilizer Application and Growers’ Adoption Behavior for Soil Testing for Fertilizer Formulation and Their Determinants: An Empirical Analysis based on Survey Data from Apple Growers in 9 Counties of Shandong Province

Zhang Fuhong Song Xiaoli Huo Ming

Abstract: Based on survey data from 279 apple growers in 9 county-level cities of Shandong Province, this article analyzes the determinants of farmers’ awareness of excessive fertilization and their adoption behavior for soil testing for formulated fertilization. The study uses an input-oriented radial super efficiency model and a bivariate probit model. It also analyzes the marginal effect of excessive fertilization on growers’ cognition and adoption of soil testing for formulated fertilization. The results show that eight out of nine sample areas are obsessed by the problem of excessive fertilization. The average excess fertilizer rate is 20.5 kg/mu in the sample areas. Fertilization dosage on average can reduce by 14% or more per mu. There are 64.9% of farmers with a lack of cognition of excessive fertilization, and only 21.7% of farmers adopt the method of soil testing for formulated fertilization. Regression results show that farmers having a lower level of education and a higher degree of specialization, those having more experience to work elsewhere and training experience in planting technology, those having some awareness of harm and a higher soil quality, have a higher level of awareness of excessive fertilization. Besides the above factors, farmers who are female, who have more planting experiences, whose orchards are awarded as standard demonstration areas, and whose orchards have a higher concentration degree, are more inclined to adopt soil testing for formulated fertilization technology.

Key Words: Apple Growers; Excessive Fertilization; Soil Testing for Fertilizer Formulation; Bivariate Probit Model

(作者单位: 山东农业大学经济管理学院)

(责任编辑: 薇 洛)