

农户专业化对农业低碳化的影响研究 ——来自北京市蔬菜种植户的证据

宋 博¹, 穆月英¹, 侯玲玲²

(1. 中国农业大学经济管理学院, 北京 100083; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 农户专业化和农业低碳化是农业现代化和农业可持续发展的必然环节, 研究农户专业化对农业低碳化的影响具有重要意义。论文运用专业化分工理论和低碳经济理论分析了农户专业化对农业低碳化的影响。然后, 根据2013年北京市蔬菜种植户的实地调查数据, 运用联立方程组模型的似不相关回归(SUR)方法对理论分析结果进行了实证检验。结果表明: 农户专业化与农业碳排放在5%的显著性水平上负相关, 而农户专业化与农业产出和农业碳生产率均在1%的显著性水平上正相关。理论分析结果得到了经验验证, 说明农户专业化对农业低碳化具有显著的正向影响。

关键词: 农户专业化; 农业碳排放; 农业碳生产率; 似不相关回归(SUR)

中图分类号: X22; F320 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3037(2016)03-0468-09

DOI: 10.11849/zrzyxb.20150214

气候变化是当今人类面临的最为严峻的全球环境问题, 人类活动产生的温室气体是导致气候变化的罪魁祸首。而农业已成为温室气体排放的第二大重要来源, 在全球温室气体的排放总量中农业源温室气体占14.9%^[1]。中国是农业大国, 农业源温室气体排放约占全国温室气体排放总量的17%^[2]。在此背景下, 以“低能耗、低排放、低污染、高效率”为典型特征的低碳农业受到了广泛关注, 如何实现农业低碳化已成为我国农业实现可持续发展的前提和基础。农户专业化是推进农业现代化进程中所要经历的一个必然环节, 在从传统农业经营方式向现代农业经营方式的转型中发挥着举足轻重的作用^[3]。因此, 研究农户专业化对农业低碳化的影响对实现农业现代化和农业可持续发展具有重要意义。

关于农户专业化与农业发展问题的研究, 现有文献主要集中在农户专业化的产生机理、变化趋势及其对农业投入、产出和产业化的影响上^[4-9], 而将农户专业化纳入农业可持续发展分析框架下, 研究农户专业化对农业低碳化影响的成果目前还尚未发现。近年来关于低碳农业的研究取得了较大进展, 一些学者对低碳农业的科学内涵、发展模式和

收稿日期: 2015-03-09; 修订日期: 2015-08-20。

基金项目: 北京市社科基金重点项目(15JGA020); 现代农业产业技术体系北京市果类蔬菜产业创新团队项目(BAIC01-2016); 高等学校博士点专项科研基金(20120008110032); 公益性行业科研专项(201103001); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2015RW007)。[**Foundation items:** Key Project of Beijing Social Science Fund, No. 15JGA020; Fruit Vegetables Industry Technology System of Beijing Innovation Team, No. BAIC01-2016; Research Fund for Doctoral Program of Higher Education of China, No. 20120008110032; Special Fund for Agro-scientific Research in Public Interest, No. 201103001; The Fundamental Research Funds for the Central Universities, No. 2015RW007.]

第一作者简介: 宋博(1987-), 男, 河南周口人, 博士研究生, 主要研究方向为农业经济理论与政策、资源与环境经济。E-mail: iamsongbo@cau.edu.cn

***通信作者简介:** 穆月英(1963-), 女, 山西大同人, 博士(后), 教授, 博士生导师, 主要研究方向为农业经济理论与政策。E-mail: yueyingmu@cau.edu.cn

路径选择进行了有益探讨^[10-11]; 另一些学者对农业碳排放的核算方法、评价理论和变动趋势进行了深入的研究^[12-14]。上述研究成果对推进我国农业现代化和农业可持续发展做出了贡献, 也为我国低碳农业理论及实践奠定了基础。鉴于此, 笔者试图在已有研究成果的基础上, 就农户专业化对农业低碳化的影响进行理论分析和实证研究。

1 分析框架

新兴古典经济学专业化分工理论认为, 分工和专业化水平决定着专业知识的积累速度和人类获得技术性知识的能力^[15]。分工的发展和专业化水平的提高促进专业技术水平的提高, 不仅使原有生产要素的投入结构和投入量做出调整, 而且诸多新的生产要素也可能被使用; 这些技术水平的差异使得生产要素不再是同质的, 不仅追加的生产要素, 而且原有生产要素的效率都会提高, 并最终引致生产效率的提高^[16]。在这种情况下, 随着专业化程度和技术水平的提高, 作为理性经济人的农户就会对生产要素进行重新配置。根据农业碳足迹理论, 农业碳排放直接来源于农业生产要素的投入^[1], 因此农业生产要素投入数量和结构的变化必然会对农业碳排放产生影响, 进而对农业碳生产率产生影响, 并最终影响农业低碳化的进程。根据以上分析, 农户专业化^①对农业低碳化的影响机制可由图1表示。

如图1所示, 农户专业化通过对农业生产要素的投入和农业产出的直接影响而间接影响到农业碳排放和农业碳生产率, 并进而影响到农业低碳化发展。根据上述分析, 农户专业化对农业碳生产率的影响是通过农业产出和农业碳排放的双重作用决定的。专业化水平较高的农户一般具有较高的农业生产效率, 因此农户专业化对农业产出的影响一般具有正向作用。在农业生产中, 生产要素的最优投入组合依赖于农户自身的技术水平和资源禀赋条件。专业化农户一般拥有比较丰富的种植经验和较高的技术水平, 对技术性知识的获得能力也较强。近年来, 为了实现农业的可持续发展, 政府对测土配方施肥、节水灌溉、病虫害生物综合防治和秸秆生物反应堆等资源节约型和环境友好型农业生产技术的推广进行了大量的补贴。专业化农户掌握这些新技术的能力更强, 学习这些

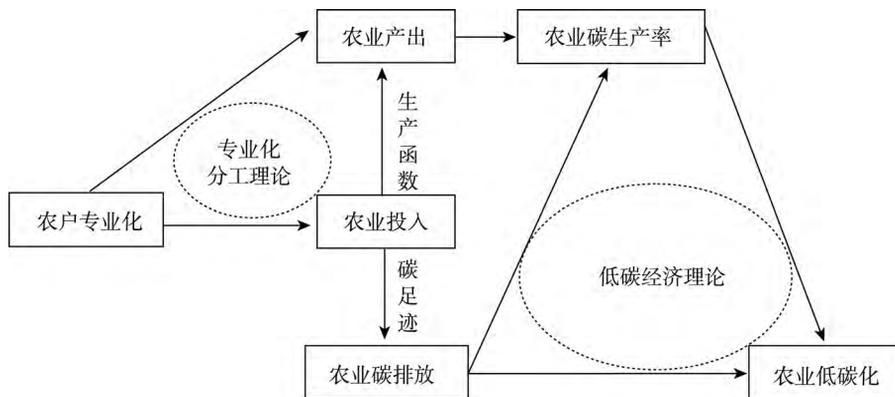


图1 农户专业化对农业低碳化的影响机制

Fig. 1 The influence mechanism of households' specialization on low-carbon agriculture

① 农户专业化是指农户专门从事某一种农产品或以某一种农产品为主导的生产经营方式, 从事专业化农业生产经营的农户称为专业农户。

新技术的机会成本更小,因此也更有动力采用这些新技术来替代相对昂贵的化肥、农药和柴油等实物型农业生产要素,进而产生的农业碳排放也较少。农业碳生产率是农业产出和农业碳排放之比,根据上述分析,农户专业化对农业产出具有正向作用而对农业碳排放具有负向作用,因此可以预期农户专业化对农业碳生产率的影响是正向的。下文中笔者将根据农户的实地调研数据对上述理论分析结果进行实证检验。

2 实证研究

2.1 数据与变量

蔬菜生产与粮食作物的生产相比,需要较高的专业化水平,但在蔬菜生产中化肥、农药、农膜等化学工业品的密集投入也对农田生态系统造成了严重威胁。本文实证研究的数据来源于2013年对北京市蔬菜种植户的实地调查。调研区域覆盖北京市大兴、房山、怀柔、密云、平谷、顺义、通州和延庆等8个区,共39个乡镇84个村。共获得问卷172份,经筛选后得到有效问卷164份,有效率为95.35%,造成问卷无效的原因主要是数据不完整。

农业生产要素投入主要包括土地投入 (*Land*)、劳动投入 (*Labor*) 和生产资料投入 (*TVC*),三个方面既存在相关性,又受到其他因素的影响^[17-18],如复种指数 (*REP*)、户主的年龄 (*Age*)、受教育程度 (*EDU*)、从事蔬菜生产的年数 (*EXP*) 和农户专业化程度 (*SPC*) 等^②。其中, *SPC* 为关键变量,用是否为专业户的虚拟变量形式表征,专业户取值为1,非专业户取值为0。界定标准参考了相关研究成果^[8],并根据蔬菜生产的特性做出了适当调整,则蔬菜生产专业户应同时满足:1) 主要或多数劳动力从事蔬菜生产的时间在80%以上;2) 蔬菜收入占家庭总收入的80%以上;3) 蔬菜的商品化率达80%以上。

一般而言,当样本量是自变量数目的20倍以上时不会出现检验效能不足的问题^[19]。因此,上述实地调研数据基本能够满足本文进行计量经济研究的需要。表1对各变量进行了含义界定与描述统计。

由表1可知,农户专业化水平的平均值为0.52,说明专业户和非专业户在样本中的

表1 变量的含义界定与描述统计

Table 1 The definitions and statistics of variables

变量	含义界定	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Land</i>	蔬菜的实际种植面积/m ²	610.0	220.3	266.7	1 333.4
<i>Labor</i>	劳动投入(天数乘以人数)	152.1	141.1	30	654
<i>TVC</i>	农业生产资料费用/元	3 230.0	1 878.4	462.5	10 550.0
<i>REP</i>	一年内的平均茬数	1.7	0.6	1	3
<i>Age</i>	户主当年的年龄/岁	49.3	7.2	25	66
<i>EDU</i>	1=小学及以下;2=初中;3=高中; 4=大专及以上	2.7	0.7	1	4
<i>EXP</i>	户主从事蔬菜生产的年数	11.9	7.5	1	40
<i>SPC</i>	0=非专业户;1=专业户	0.52	0.50	0	1

② 复种指数能够影响到农户实际的种植面积,且由于设施蔬菜在一定程度上能够对温度和光照等条件进行调节,蔬菜生产的复种指数普遍较高且差异较大;户主的年龄、受教育程度和从事蔬菜生产的年限等个人禀赋差异可能影响农户的生产观念,并进而对农业生产要素投入和农业产出产生影响。

分布较为均匀。户主的平均年龄为49.3岁,最大年龄为66岁,这对从事劳动密集型的蔬菜生产来说年龄已经偏大。户主的受教育程度平均值为2.7,标准差为0.7,说明大多数蔬菜种植户农户仅接受过初中或高中教育,受教育水平总体偏低。农户从事蔬菜生产的平均年限为11.9 a,说明大部分农户拥有较为丰富的蔬菜生产经验。其余解释变量为蔬菜生产中的基本要素投入变量,蔬菜种植户对这些基本要素投入的差异也比较明显,这在各变量的标准差、最小值和最大值中都得到了体现。

2.2 计量模型的设定

低碳经济理论认为,经济发展的低碳化是一个从碳生产率逐步提高到碳排放总量持续减少的过程^[20]。农业生产过程中所产生的碳排放计算公式如下:

$$TCE = \eta \cdot x = \sum_{i=1}^n \eta_i \cdot x_i \quad (1)$$

式中: TCE 表示碳排放,单位是二氧化碳当量(CO_2e)^③; $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 是各生产要素投入量的向量表示; $\eta = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$ 为各生产要素的碳排放系数向量。相关生产要素的碳排放系数如表2所示。

农业碳排放主要来源于农业生产资料的投入,而在蔬菜生产中,由化肥、农药、农膜等生产资料投入所产生的碳排放占到总碳排放的89.4%~95.2%^[21]。因此,农业碳排放与农业生产资料投入主要受到相同因素的影响。为了便于分析,本研究将农业碳排放看作是一种“坏产出”,则农业碳排放与农户专业化及其他控制变量的关系可表示为对数形式的Cobb-Douglas型生产函数,进而得到如下模型I:

$$\ln TCE = \alpha_0 + \alpha_1 SPC + \alpha_2 Age + \alpha_3 EDU + \alpha_4 EXP + \alpha_5 REP + \alpha_6 \ln Land + \alpha_7 \ln Labor + \mu \quad (2)$$

式中: $\alpha_i (i=0, 1, \dots, 7)$ 为待估参数; μ 为随机误差项。

农业生产是一个非常复杂的过程,既受到气候、资源等自然条件的限制,又受到技术水平、生产要素投入等人为因素的影响。假设在农业生产这样一个物质变换过程中,各种农业生产要素投入和农产品产出之间也存在规律性的因果关系,则我们不妨运用农业生产函数来描述这种关系。假设农业生产函数也是Cobb-Douglas型的,即:

$$Y = e^{\beta_0 + \beta_1 SPC + \beta_2 Age + \beta_3 EDU + \beta_4 EXP + \beta_5 REP + u} \cdot Land^{\beta_6} \cdot Labor^{\beta_7} \cdot TVC^{\beta_8} \quad (3)$$

式中: Y 为农业产出^④; $\beta_i (i=0, 1, \dots, 8)$ 为待估参数; u 为随机误差项。对式(3)两边

表2 相关生产要素的碳排放系数

Table 2 The carbon emission coefficients of production factors

生产要素	碳排放系数	单位	来源
化肥	3.283 9	$\text{kgCO}_2\text{e} \cdot \text{kg}^{-1}$	文献[14]
农药	18.091 7	$\text{kgCO}_2\text{e} \cdot \text{kg}^{-1}$	文献[14]
农膜	2.493 3	$\text{kgCO}_2\text{e} \cdot \text{kg}^{-1}$	文献[21]
柴油	2.173 2	$\text{kgCO}_2\text{e} \cdot \text{kg}^{-1}$	文献[22]
电力	0.916 7	$\text{kgCO}_2\text{e} \cdot \text{kWh}^{-1}$	文献[22]

注:农业灌溉也是产生碳排放的重要环节,主要是灌溉设备在运行中所消耗的柴油和电力所致。另外,其他农业机械在运行过程中也会因柴油、电力等能源的消耗而产生碳排放。

③ 二氧化碳当量是不同温室气体根据其全球变暖潜能值(Global Warming Potential, GWP)统一换算成用二氧化碳表示的标准化度量单位。

④ 由于不同农产品的产量不可加总,本文用农业总产值表示农业产出。

取对数并整理得到如下模型Ⅱ：

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 SPC + \beta_2 Age + \beta_3 EDU + \beta_4 EXP + \beta_5 REP + \beta_6 \ln Land + \beta_7 \ln Labor + \beta_8 \ln TVC + u \quad (4)$$

农业碳生产率（YCR）表示单位碳排放所得到的农业产出，单位是元·(kgCO₂e)⁻¹。根据农业碳生产率的定义可得：

$$YCR = \frac{Y}{TCE} \quad (5)$$

对式（5）两边取对数，并结合式（2）和（4），整理后可以得到如下模型Ⅲ：

$$\ln YCR = \gamma_0 + \gamma_1 SPC + \gamma_2 Age + \gamma_3 EDU + \gamma_4 EXP + \gamma_5 REP + \gamma_6 \ln Land + \gamma_7 \ln Labor + \gamma_8 \ln TVC + v \quad (6)$$

式中： γ_i ($i=0,1,\dots,8$) 为待估参数； $v = u - \mu$ ，为随机误差项。

2.3 估计方法与结果分析

由于农业碳排放、农业产出和农业碳生产率之间存在概念上的联系，因此农户专业化对农业碳排放、农业产出及农业碳生产率的影响具有联动作用，农户专业化对农业碳排放和农业产出的影响会间接传导到其对农业碳生产率的影响。如前文分析，模型Ⅲ的随机误差项是模型Ⅱ和模型Ⅰ的随机误差项之差，因此存在完全线性相关关系。若选择单方程模型，运用最小二乘估计（Ordinary Least Squares, OLS）或可行的广义最小二乘估计（Feasible Generalized Least Squares, FGLS）分别对模型Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的参数进行估计，则会人为地阻断各模型之间的内在联系，并忽略随机误差存在线性相关的事实，从而使得参数的估计不具备有效性，并导致模型参数估计值的假设检验结果出现偏差。而基于联立方程组模型的似不相关回归（seemingly unrelated regressions, SUR）方法能够识别各个模型之间随机误差项的相关性，得到的模型参数估计值方差更小，估计结果更为有效。基于此，本文运用SUR方法对由模型Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ构成的联立方程组模型进行参数估计。根据农户的调研数据，运用STATA 11.2统计软件得到的模型参数SUR估计结果如表3所示。

根据表3，White检验结果显示各模型均不存在以解释变量为条件的异方差性。由模型Ⅰ的回归结果可知，农户专业化与农业碳排在5%的显著性水平上负相关，说明农户专业化对农业碳排放具有显著的负向作用，与理论分析结果一致。另外，土地投入和劳动投入也均在5%的显著性水平上与农业碳排放正相关，与实际农业生产经验相吻合。种植面积越大，投入的可变生产要素越多，农业碳排放也越多；而劳动的投入往往与农作物的生长周期^⑤有直接关系，一般而言，农作物的生长周期越长，需要投入的劳动也越多，需要投入的可变农业生产要素也较多，从而产生的农业碳排放也较多。由模型Ⅱ的回归结果可知，农户专业化与农业产出在1%的显著性水平上正相关，说明农户专业化对农业产出具有显著的正向作用，与理论分析结果一致。另外，户主的受教育程度和农业产出在5%的显著性水平上正相关，说明受教育程度对农业产出具有显著的正向作用。可能的原因是受教育程度越高的农户对新技术的学习能力越强，从而具有更高的农业生产效率。复种指数与农业产出在5%的显著性水平上正相关，说明复种指数对农业产出具有显著的正向作用。种植面积、劳动投入和农业生产资料投入均在1%的显著性水平上与农

^⑤ 设施蔬菜生产所需要的光照、温度和水分等更容易进行人为的控制，因此蔬菜作物的生长周期在农户之间差异性很大。

表3 模型参数SUR估计结果

Table 3 The SUR estimation results of parameters in the model

项目	模型 I (ln TCE)	模型 II (ln Y)	模型 III (ln YCR)
常数	1.349 5 (0.96)	1.084 4 (1.04)	2.244 7 (1.57)
SPC	-0.280 2 (-2.05)**	0.317 2 (3.22)***	0.484 2 (3.59)***
Age	-0.010 5 (-1.03)	-0.002 8 (-0.37)	-0.001 5 (-0.15)
EDU	-0.069 2 (-0.78)	0.130 4 (2.05)**	0.238 5 (2.73)***
EXP	-0.009 1 (-1.00)	0.007 6 (1.17)	0.014 1 (1.59)*
REP	0.166 5 (1.45)	0.184 2 (2.24)**	0.081 3 (0.72)
ln Land	0.492 2 (3.94)**	0.325 0 (3.35)***	0.162 1 (1.23)
ln Labor	0.557 2 (4.90)**	0.308 3 (3.43)***	0.081 1 (0.67)
ln TVC		0.392 6 (4.36)***	-0.388 1 (-3.45)***
R ²	0.232 1	0.433 5	0.278 0
White 检验	40.30	39.95	37.67
P 值	0.211 4	0.604 3	0.700 9

注: 表中括号内的数值为*t*统计值; *, **, ***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。

业产出正相关,说明这些因素均对农业产出具有正向作用,这与一般的农业生产经验相吻合。由模型Ⅲ的回归结果可知,农户专业化与农业碳生产率在1%的显著性水平上正相关,说明农户专业化对农业碳生产率具有显著的正向作用,与理论分析结果一致。另外,户主的受教育程度与农业碳生产率在1%的显著性水平上正相关,说明户主的受教育程度对农业碳生产率具有显著的正向作用,受教育水平的提高能够有效提高农业碳生产率。户主从事蔬菜生产的年限与农业碳生产率在10%的显著性水平上正相关,说明生产经验丰富的农户具有更高的碳生产率。农业生产资料投入在1%的显著性水平上与农业碳生产率负相关,说明农业生产资料投入对农业碳生产率具有显著的负向作用。根据前文分析,农业生产资料投入对农业产出具有显著的正向作用,但农业生产资料的投入也是农业碳排放的直接来源。农业生产资料投入对农业碳生产率显著的负向作用表明,其对提高农业产出的贡献远小于其对增加农业碳排放的贡献。

3 结论与讨论

本文运用专业化分工理论和低碳经济理论就农户专业化对农业低碳化的影响进行了分析,并根据2013年北京市蔬菜种植户的实地调查数据,运用联立方程组模型的SUR估计方法对理论分析结果进行了验证。结果表明:农户专业化对农业碳排放具有显著的负向作用,而对农业产出和农业碳生产率均具有显著的正向作用。实证结果与理论分析相一致,说明农户专业化对农业低碳化具有显著的正向影响。另外,户主的受教育程度和从事蔬菜生产的年限均对农业碳生产率具有显著的正向作用,而农业生产资料投入对农业碳生产率具有显著的负向作用。根据上述研究结论提出如下有利于农业低碳化发展的政策建议:第一,给予专业农户相应的政策支持,拓展其农产品销售渠道,切实提高农业生产的专业化水平;第二,培育有知识有文化的新型农民,积极开展农业技术培训和经验交流;第三,大力推广资源节约型和环境友好型农业生产技术,合理控制化肥、农药、农膜等农业生产资料的密集投入。

最后需要指出的是,本研究的局限性也是应该加以注意的。基于联立方程组模型的SUR方法所得到的模型参数估计结果虽然从整体上看更有效,但通常是建立在估计量的一致性特点基础之上的,即更适合于大样本的情况。另外,本文只是研究了农户专业化对农业低碳化的静态影响。事实上,农业生产新技术在专业户和非专业户之间具有扩散效应,因此农户专业化对农业低碳化也具有间接的动态影响。但限于更多数据的可获得性,本文只得忽略了农户专业化对农业低碳化的动态影响。运用较长时期的面板数据就农户专业化对农业低碳化的影响进行静态和动态的综合分析将是一项更具挑战也更有意义的研究,本文的结果只是为研究农户专业化对农业低碳化的影响做出了初步探索,尽管还存在诸多局限,但对于关心我国农业现代化进程中的可持续发展问题,尤其是低碳农业发展模式的学者仍是有用的。

参考文献(References):

- [1] 黄祖辉,米松华. 农业碳足迹研究——以浙江省为例 [J]. 农业经济问题, 2011(11): 40-47. [HUANG Z H, MI S H. Agricultural sector carbon footprint accounting: A case of Zhejiang, China. Issues in Agricultural Economy, 2011(11): 40-47.]
- [2] 董红敏,李玉娥,陶秀萍,等. 中国农业源温室气体排放与减排技术对策 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 269-273. [DONG H M, LI Y E, TAO X P, et al. China greenhouse gas emissions from agricultural activities and its mitigation strategy. Transactions of the CSAE, 2008, 24(10): 269-273.]
- [3] 冯健,刘玉. 对农业专业化生产的思索——以沛县鹿湾乡为例 [J]. 南京师大学报(自然科学版), 1999, 22(1): 105-112. [FENG J, LIU Y. View on agricultural specialized production: An example of Luwan Country, Pei County. Journal of Nanjing Normal University (Natural Science), 1999, 22(1): 105-112.]
- [4] 罗丹,陈洁. 农户专业化: 农业产业化过程中的首要问题 [J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2001, 1(6): 39-41. [LUO D, CHEN J. Farmer specialization: The first issue to be solved in the course of agricultural industrialisation. Journal of Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Social Science), 2001, 1(6): 39-41.]
- [5] 向国成,韩绍凤. 农户兼业化: 基于分工视角的分析 [J]. 中国农村经济, 2005(8): 4-9. [XIANG G C, HAN S F. Farmer's concurrent business behavior: Analyze based on division perspective. Chinese Rural Economy, 2005(8): 4-9.]
- [6] 孙永鹏. 农业专业化生产中的“过密化”行为研究 [J]. 农业经济, 2009(4): 17-20. [SUN Y P. Study on the “involution” behavior in agricultural specific production. Agriculture Economy, 2009(4): 17-20.]
- [7] 杨丹,刘自敏. 农民经济组织、农业专业化和农村经济增长——来自中国2445个村落的证据 [J]. 社会科学战线, 2011(5): 64-70. [YANG D, LIU Z M. Farmers' economic organization, agriculture specialization and rural economy development: The evidence from 2445 countries in China. Social Science Front, 2011(5): 64-70.]
- [8] 胡宜挺. 我国农户专业化趋势及专业农户特征分析 [J]. 农业经济, 2012(1): 35-37. [HU Y T. Analysis on the trend of farmers specification and the characteristics of specialized farmers in China. Agriculture Economy, 2012(1): 35-37.]
- [9] 生秀东. 家庭农场与兼业农户: 专业化和兼业化的冲突 [J]. 区域经济评论, 2013(6): 109-112. [SHENG X D. Family farms and farmer's concurrent business behavior: The conflict between specification and concurrent business behavior. Regional Economic Review, 2013(6): 109-112.]
- [10] 高旺盛,陈源泉,董文. 发展循环农业是低碳经济的重要途径 [J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(5): 1106-1109. [GAO W S, CHEN Y Q, DONG W. Circular agriculture as an important way to low-carbon economy. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(5): 1106-1109.]
- [11] 许广月. 中国低碳农业发展研究 [J]. 经济学家, 2010(10): 72-78. [XU G Y. Study on low carbon agriculture development in China. Economists, 2010(10): 72-78.]
- [12] 冉光和,王建洪,王定祥. 我国现代农业生产的碳排放变动趋势研究 [J]. 农业经济问题, 2011(2): 32-38. [RAN G H, WANG J H, WANG D X. Study on the tendency and counter-measures of carbon emission produced by agriculture production in China. Issues in Agricultural Economy, 2011(2): 32-38.]
- [13] 李波,张俊飏. 基于投入视角的我国农业碳排放与经济发展脱钩研究 [J]. 经济经纬, 2012(4): 27-31. [LI B, ZHANG

- J B. Decoupling of China's agriculture carbon emissions and economic development based on the input perspective. *Economic Survey*, 2012(4): 27-31.]
- [14] 田云, 张俊飏. 中国农业生产净碳效应分异研究 [J]. 自然资源学报, 2013, 28(8): 1298-1309. [TIAN Y, ZHANG J B. Regional differentiation on net carbon effect of agricultural production in China. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(8): 1298-1309.]
- [15] 汪斌, 董贇. 从古典到新兴古典经济学的专业化分工理论与当代产业集群的演进 [J]. 学术月刊, 2005(2): 30-36. [WANG B, DONG Y. Theories of specialization from classical to new classical economics and evolution of contemporary cluster of industries. *Academic Monthly*, 2005(2): 30-36.]
- [16] 董林辉, 段文斌. 技术进步的原因和性质——基于分工和报酬递增的研究 [J]. 南开经济研究, 2006(6): 41-49. [DONG L H, DUAN W B. The nature and causes of the technological progress: A research based on the labor division and increasing returns. *Nankai Economic Studies*, 2006(6): 41-49.]
- [17] 李旻, 赵连阁. 农业劳动力“老龄化”现象及其对农业生产的影响——基于辽宁省的实证分析[J]. 农业经济问题, 2009(10): 12-18. [LI M, ZHAO L G. Agricultural labor force aging phenomenon and the effect on agricultural production evidence from Liaoning Province. *Issue in Agricultural Economy*, 2009(10): 12-18.]
- [18] 李庆, 林光华, 何军. 农民兼业化与农业生产要素投入的相关性研究——基于农村固定观察点农户数据的分析 [J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2013, 13(3): 27-32. [LI Q, LIN G H, HE J. A correlation study on farmer's concurrent business behavior and changes in factors of production: Analysis based on a survey of farmers form rural fixed observation points. *Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2013, 13(3): 27-32.]
- [19] 林本喜, 邓衡山. 农业劳动力老龄化对土地利用效率影响的实证分析——基于浙江省农村固定观察点数据 [J]. 中国农村经济, 2012(4): 15-25. [LIN B X, DENG H S. Empirical analysis on the effect of agricultural labor force aging to earth using productivity: Based on the rural fixed observation point data in Zhejiang Province. *Chinese Rural Economy*, 2012(4): 15-25.]
- [20] 周宏春. 低碳经济学: 低碳经济理论与发展路径 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012. [ZHOU H C. *Low-carbon Economics: Low-carbon Economy Theory and Development Path*. Beijing: Machinery Industry Press, 2012.]
- [21] 陈琳, 闫明, 潘根兴. 南京地区大棚蔬菜生产的碳足迹调查分析 [J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1791-1796. [CHEN L, YAN M, PAN G X. Evaluation of the carbon footprint of greenhouse vegetable production based on questionnaire survey from Nanjing, China. *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(9): 1791-1796.]
- [22] 史磊刚, 陈卓, 孔繁磊, 等. 华北平原冬小麦-夏玉米种植模式碳足迹研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(9): 93-98. [SHI L G, CHEN F, KONG F L, et al. The carbon footprint of winter wheat-summer maize cropping pattern on North China Plain. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(9): 93-98.]

Study on the Effect of Farm Households' Specialization on Low-carbon Agriculture: Evidence from Vegetable Growers in Beijing, China

SONG Bo¹, MU Yue-ying¹, HOU Ling-ling²

(1. College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: It is of significance for studying on effect of households' specialization on low-carbon agriculture since the farm household' specialization and low-carbon agriculture are both important aspects of modern agriculture's sustainable development. Using specialization theory and low-carbon economic theory, this paper analyzed the effect of farm households' specialization on low-carbon agriculture. Then, according to the field survey data of vegetable growers in Beijing in 2013, simultaneous equations model and seemingly unrelated regressions (SUR) method were used to test the theoretical results. The findings show that the specialization of farm household is negatively correlated with agricultural carbon emissions at the 5% significance level, while it is positively correlated with both agriculture yields and agricultural carbon productivity at the 1% significance level. The result of theoretical analysis was proved empirically, which indicates that the specialization of farm household will be great beneficial to low-carbon agriculture.

Key words: specialization of farm households; agricultural carbon emissions; agricultural carbon productivity; seemingly unrelated regressions (SUR)