

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20201110

· 绿色发展 ·

化肥施用量对苹果种植经济效益影响的实证研究^{*}

苏静萱, 李宁辉^{*}

(中国农业科学院农业经济与发展研究所, 北京 100081)

摘要 [目的] 我国苹果主产区苹果产量的增加严重依赖化肥施用, 苹果生产过程中化肥过量使用问题较为严重, 造成农业面源污染。目前, 国家政策倡导, 要在农户可接受的情况下, 在苹果主产区推进化肥减施工程, 实现苹果生产化肥减施增效的目标。为此, 厘清化肥使用量对苹果价格、果农种植收入的影响机制显得尤为重要。[方法] 文章利用1991—2017年我国苹果种植成本收益资料, 分析了化肥施用量与苹果价格、种植苹果净利润之间的关系, 化肥价格变化与农户化肥选择行为的关系, 并运用最小二乘回归和Granger因果检验分析方法, 分析各变量之间的影响机理。[结果] 苹果产量增长的同时, 生产成本也呈现出稳定增长的态势。从成本构成变动趋势来看, 2013年后总成本略有下降, 而生产人工成本持续增加, 并于2011年起成为成本支出中占比最大的一项。化肥施肥量先增后减, 2014年后逐年递减, 农户选用复合元素肥代替单一元素肥成为一种趋势。化肥施用量对苹果价格具有正向作用, 原因是化肥施用量会影响苹果果实口感和品质。化肥施用量对苹果生产净利润的影响存在一个阈值, 即589.84 kg/hm², 当施肥量小于此值时, 化肥施肥量与苹果生产净利润呈负向关系, 大于此值时, 则呈正向关系。[结论] 化肥减施的最小值应不低于712.12 kg/hm², 在保障苹果产量的前提下, 减轻环境负担。培养农户环保种植意识, 提升化肥使用效率, 延伸苹果产业链, 加大苹果种植区减肥示范农业补贴力度, 建立完善农业保险机制, 加大全方位多角度保障果农经济收益, 推进苹果化肥减施增效。

关键词 苹果 化肥减施增效 生产成本 经济收益 回归分析

中图分类号:F32 文献标识码:A 文章编号:1005-9121[2020]11079-12

0 引言

苹果是我国除西瓜外产量最大的水果, 由于其对生长环境、气候适宜性强等特点, 播种面积逐年增加, 2007年后我国苹果种植面积年均增加4万hm²^[1]。目前, 苹果园栽培面积占全国耕地总面积的1.7%。随着播种面积地扩大, 化肥过量使用的负面效应逐渐显现, 主要体现为农业面源污染日趋严重。2015年农业农村部(原农业部)提出全国“一控、二减、三基本”的目标助力国家实现减排增效目标。“一控”即控制农业用水总量; “两减”是指减少化肥、农药的施用总量, 到2020年实现用量零增长; “三基本”是畜禽的粪便、农膜、农作物秸秆基本得到资源化利用和无害化的处理^[2]。目前, 我国化肥和农药的消费总量高达217.3万t和14.1万t, 氮肥和农药单位面积施用量分别是美国2.5倍和1.6倍, 而农作物单产仅为美国的一半左右^[3]。目前, 我国农用化肥利用率只有30%左右, 未有效利用的部分流失进入土壤及地下水系, 造成水体污染, 土地盐碱化、土壤肥力下降, 生态环境问题日益严峻^[4-5]。在农户调研过程中了解到, 苹果增产严重依赖氮、磷、钾素肥料的施用。

在苹果种植过程中, 成本投入和经济产出是影响果农收益的两大直接因素, 化肥施用量通过两种路径影响影响苹果种植的经济收益。一是适当的施肥量会带来产量的增加, 二是化肥中的营养元素会改善苹果

收稿日期: 2019-04-04

作者简介: 苏静萱(1992—), 女, 宁夏人, 硕士生。研究方向: 农业经济理论与政策

*通讯作者: 李宁辉(1960—), 男, 湖南永州人, 研究员。研究方向: 农业经济理论与政策。Email: linghui@caas.cn

*资助项目: 国家重点研发计划项目“化肥减施增效技术应用评估方法构建”(2016YFD0201306-02)

果实品质，进而影响苹果价格。因此，只有厘清化肥施用量与苹果产量、经济收益间的相关关系，在尽量保证农户的经济收益的情况下，才能制定出主管部门容易实现和可被农户接受的减肥方案，改善农业生产造成的环境污染，实现苹果产业绿色持续发展。

1 数据来源与研究方法

1.1 变量选择与数据来源

文章论述涉及到苹果种植产量、产值、生产成本、现金收益、出售价格、每公顷化肥费用、各单一元素肥、复合肥施用量及支出数据，均来源于《全国农产品成本收益资料汇编》，时间跨度为1998—2017年。按照全国农产品成本收益资料汇编统计口径，每公顷施肥量为折纯量^①，苹果总成本由三大部分构成，物质与服务成本，人工成本和土地成本，其中物质投入包含种子、化肥、农药、机械、农膜和其他技术服务费等。其余果农种植苹果净利润、苹果价格、化肥价格基于基础数据计算得出（表1）。

表1 苹果种植成本收益数据来源与变量名释义

| 变量名 | 变量定义 | 单位 | 数据来源 |
|----------|------------|-------------------------|---------------------------|
| FQ | 每公顷施肥量 | kg/hm^2 | 1998—2017年《全国农产品成本收益资料汇编》 |
| $F_p Q$ | 每公顷磷肥施肥量 | kg/hm^2 | 1998—2017年《全国农产品成本收益资料汇编》 |
| $F_c Q$ | 每公顷复合肥施肥量 | kg/hm^2 | 1998—2017年《全国农产品成本收益资料汇编》 |
| AQ | 每公顷苹果产量 | kg/hm^2 | 1998—2017年《全国农产品成本收益资料汇编》 |
| $Profit$ | 苹果种植每公顷净利润 | $\text{元}/\text{hm}^2$ | 利用苹果种植成本与收益数据计算得出 |
| AP | 苹果价格 | $\text{元}/\text{kg}$ | 1998—2017年《全国农产品成本收益资料汇编》 |
| PF_p | 磷肥价格 | $\text{元}/\text{kg}$ | 1998—2017年《全国农产品成本收益资料汇编》 |
| PF_c | 复合肥价格 | $\text{元}/\text{kg}$ | 1998—2017年《全国农产品成本收益资料汇编》 |
| $DQCF$ | 复合肥施肥量变化幅度 | | 利用Eviews软件对复合肥施用量做一阶差分 |
| $DPCF$ | 复合肥价格变化幅度 | | 利用Eviews软件对复合肥价格做一阶差分 |

1.2 研究方法

1.2.1 回归分析

计量回归模型通常用来研究因变量与自变量之间的相关关系。在该文研究中，根据经济学原理，商品价格变动会影响购买量，成本的变化也会影响到定价、利润等变量，故而，利用SPSS 22.0版本软件，采用最小二乘法，计算一元回归模型参数，并根据回归结果解释各个变量之间的关系。

1.2.2 格兰杰因果检验

对于经济现象中因果关系不明确的事物，可以利用格兰杰因果检验模型（Granger Causality Test Model），从统计意义上检验变量之间的因果性^[6]。Granger因果检验是一种假设检定的统计方法，它的基础是回归分析当中的自回归模型，该检验的目的是要确定一个变量X过去的行为是否影响变量Y现在的行为，还是双方的过去行为在相互影响着对方的当前行为。

Granger因果检验使用时间序列数据，根据过去某些时点上的所有信息的最佳最小二乘预测方差进行判断。对两个时间序列数据X、Y进行Granger因果检验，首先要对时间序列数据进行单位根检验，验证为平稳序列后，再进行检验。检验结果一般为：X、Y两变量互为因果关系，X是Y的Granger原因，Y是X的Granger原因，X、Y互不构成Granger因果关系。

^① 按《全国农产品成本收益资料汇编》的 $\text{kg}/667\text{m}^2$ 、 $\text{元}/667\text{m}^2$ ，转化为 kg/hm^2 、 $\text{元}/\text{hm}^2$

2 苹果种植收益与成本的变化趋势分析

2.1 苹果生产成本与收益总体变化

1991—2017年苹果生产成本总体呈增长态势,每公顷净利润与每公顷现金收益呈先增后减变化趋势(图1)。

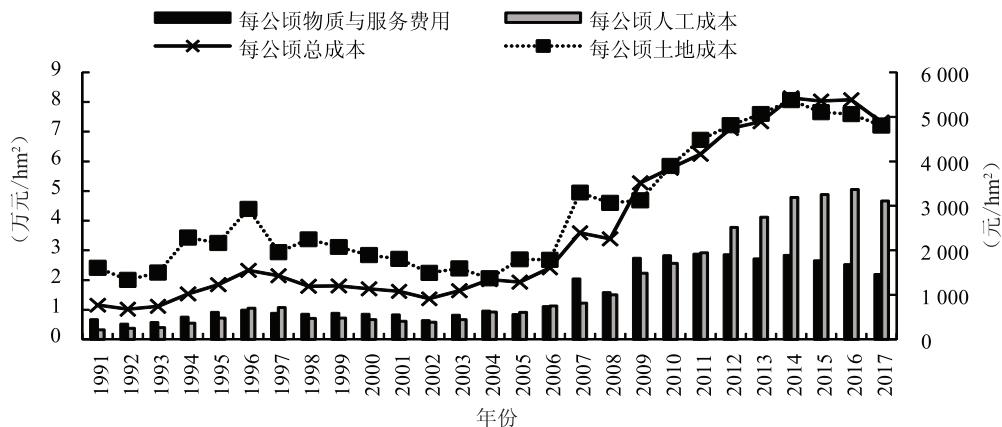


图1 1991—2017年苹果种植每公顷收益与成本变化

1991—2017年苹果生产总成本由 $1.150\text{万元}/\text{hm}^2$ 增至 $7.331\text{万元}/\text{hm}^2$,增长5.38倍,年均增长7.38%;现金收益由 $2.187\text{万元}/\text{hm}^2$ 增至 $10.196\text{万元}/\text{hm}^2$,增长3.21倍,年均增长5.69%;净利润由 $1.073\text{万元}/\text{hm}^2$ 增至 $2.864\text{万元}/\text{hm}^2$,增长1.76倍,年均增长3.98%。苹果生产成本在2014年成本达到最大,为 $8.083\text{万元}/\text{hm}^2$ 。苹果生产每公顷现金收益与净利润,在2010年之前逐年增加,后呈减少趋势。2010年苹果生产每公顷现金收益与净利润达到最高,分别为 $13.322\text{万元}/\text{hm}^2$ 、 $7.548\text{万元}/\text{hm}^2$ 。

2.2 苹果生产成本变化

苹果生产成本构成中,每公顷物质与服务费用、人工成本、土地成本均出现不同程度增长,人工与土地成本涨幅较大,物质与服务费用增长相对稳定且涨幅较小(图2)。

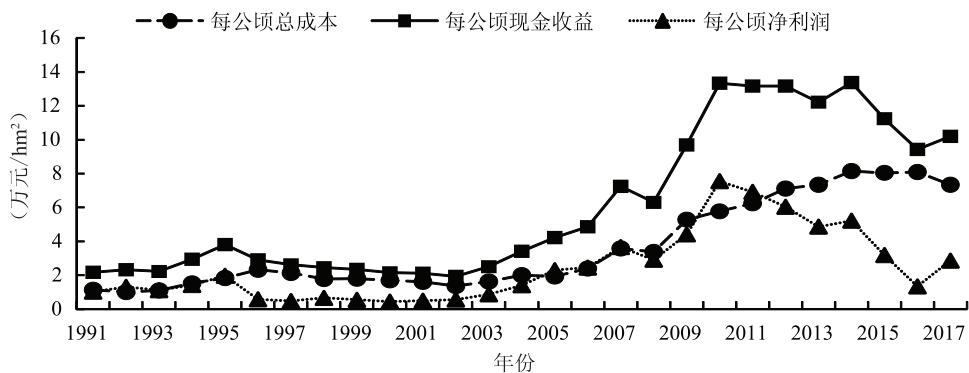


图2 1991—2017年苹果种植成本变化

每公顷物质与服务费用仅在2006—2009年增幅较大,2009年后物质投入成本相对固定,2006年前物质与服务费用平均为 $8136.534\text{元}/\text{hm}^2$,2009—2017年年均物质与服务费用为 $2.682\text{万元}/\text{hm}^2$;每公顷人工成本逐年增长,并在2011年超过物质投入成为种植成本中最大的一部分;每公顷土地成本逐年增长,2014年后有回落的趋势。1991—2017年每公顷物质与服务成本、人工成本、土地成本年均增长率分别为4.69%、10.78%和4.31%。

从生产成本构成来看, 2009 年之后, 每公顷人工成本占比逐年增加, 2017 年增加至 63.65%, 每公顷土地成本占比逐年减少, 2017 年占比为 6.56%, 每公顷物质与服务费占比相对较为稳定, 2009 年后开始逐年递减, 2017 年占比为 29.79% (图 3)。

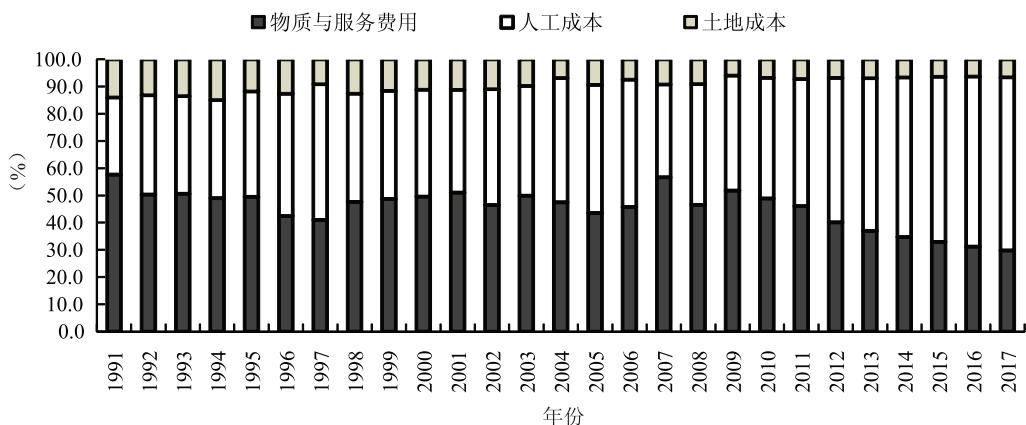


图 3 1991—2017 年苹果种植成本构成变化

2.3 化肥施用成本变化

1991—2017 年化肥支出总体增加, 2014 年后出现减少趋势 (图 4)。

化肥支出在 2005—2011 年增幅较大, 主要原因是这期间果农复合肥施用量增加, 而复合肥价格较高, 且化肥使用均价出现大幅上涨 (图 5)。化肥是物质投入中金额占比最大的生产资料, 其次为农药和机械购买/租用费用。化肥支出占总成本和占物质与服务费比重总体稳定, 平均占比分别为 11.08% 和 24.85%。

1998—2017 年氮肥、磷肥、复合肥价格均呈上涨状态, 年均增长分别为 1.16%、2.73% 和 3.16%, 涨幅最大的为复合肥, 2008 年价格最高, 达 7.27 元/kg。钾肥价格波动较大, 1998—2012 年增加, 年均增长 7.25%; 2012—2016 年逐年降低, 年均减少 13.96%; 2017 年恢复增长, 比 2016 年增长 27.47%。

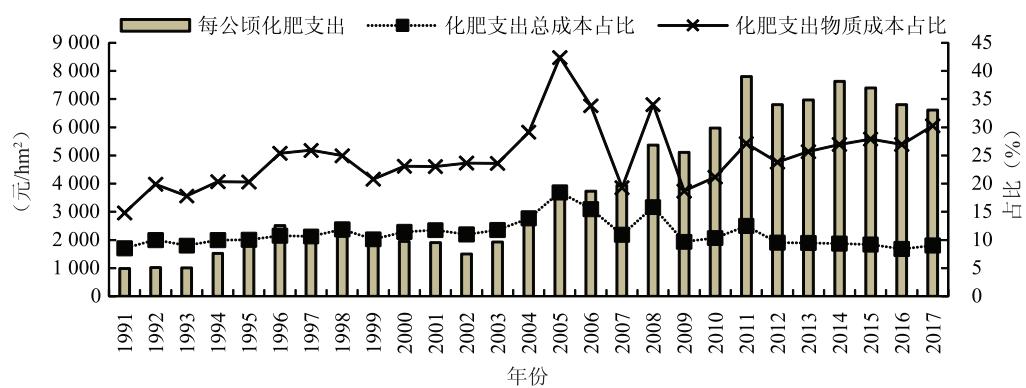


图 4 1991—2017 年苹果种植化肥成本变化

2.4 苹果产量与化肥施用量相关性分析

苹果产量与施肥量变化趋势相同, 且呈较强相关性。利用 SPSS 软件对苹果产量与化肥施用量分别取对数后, 进行相关性检验并得出回归方程 (图 6)。

所得回归方程为:

$$\ln \hat{AQ} = 2.36 + 0.52 * \ln \hat{FQ} \quad (1)$$

$$(4.494) \quad (4.952)$$

$$R^2 = 0.443 \quad F = 24.519$$

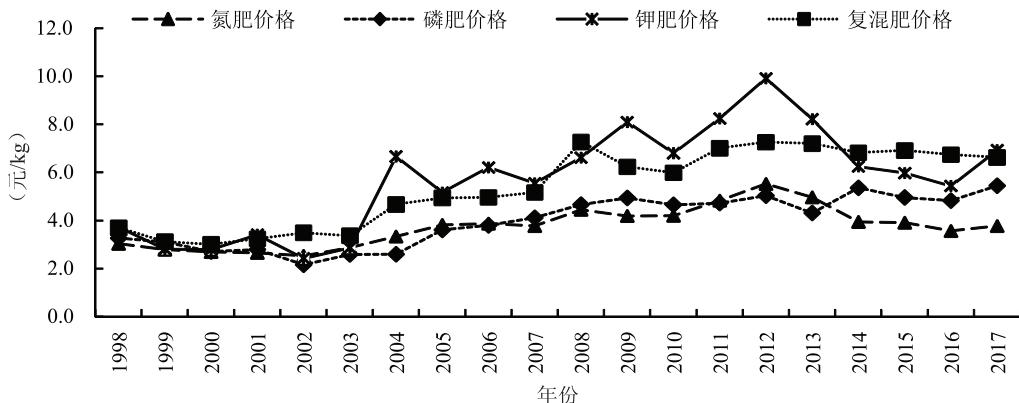


图5 1998—2017年化肥价格变化

式(1)中,括号内为 t 检验值, R^2 为拟合优度,在 $\alpha=0.001$ 的显著性水平下, F 值表明模型拟合度在99.9%的置信水平下显著。模型结果表明,每公顷施肥量增加1%,可提高苹果产量增加0.52%。

3 苹果种植化肥施用量变化趋势分析

3.1 施肥量分布比例变化

1998—2017年各类化肥每公顷施用量变化情况不尽相同(图7)。其中氮肥、复合肥施用量占比较大,磷肥、钾肥施用量占比较小(图8)。

1998—2017年氮肥、磷肥施用量总体较为稳定,钾肥用量上下波动幅度较大,复合肥用量增长明显。复合肥总体占比呈递增趋势,氮肥占比减少,磷肥、钾肥总体占比较小。氮肥年均施肥量为 $232.178\text{kg}/\text{hm}^2$,占总施肥量平

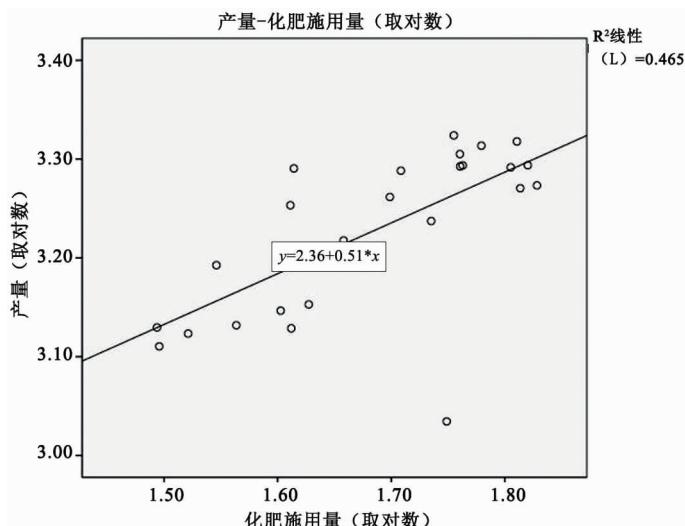


图6 1991—2017年苹果产量与施肥量变化相关性研究

注:根据1991—2017年统计数据,苹果产量与化肥施用量相关性成立范围为:产量: 1.62390 万~ 3.16299 万 kg/hm^2 , 化肥施用量: 467.55 ~ $1010.25\text{kg}/\text{hm}^2$

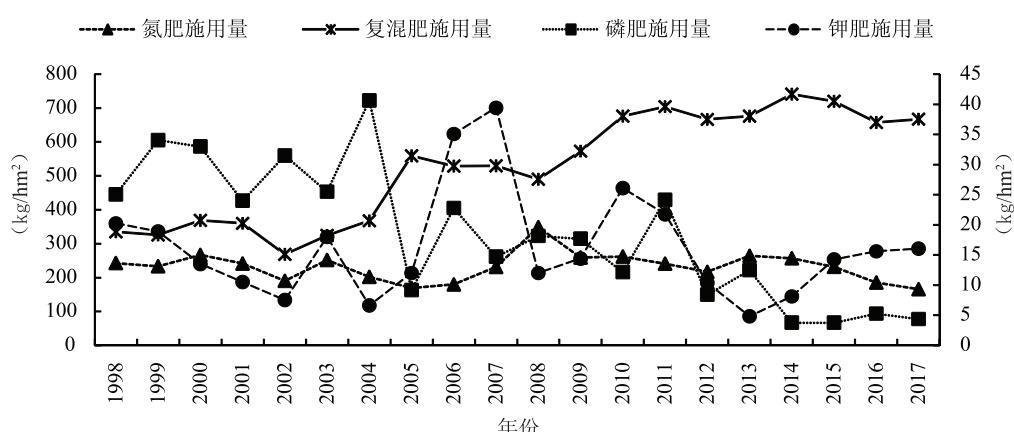


图7 1998—2017年苹果种植化肥施用量变化

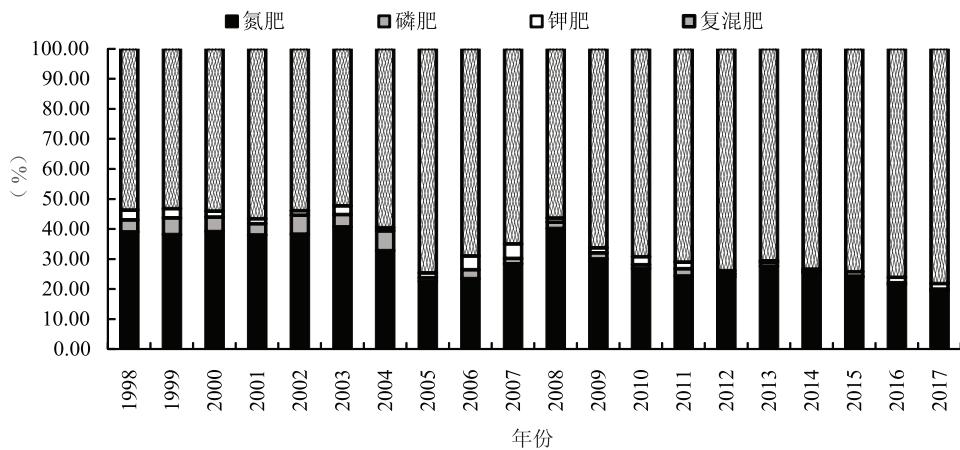


图 8 1998—2017 年苹果种植各类化肥施用比例变化

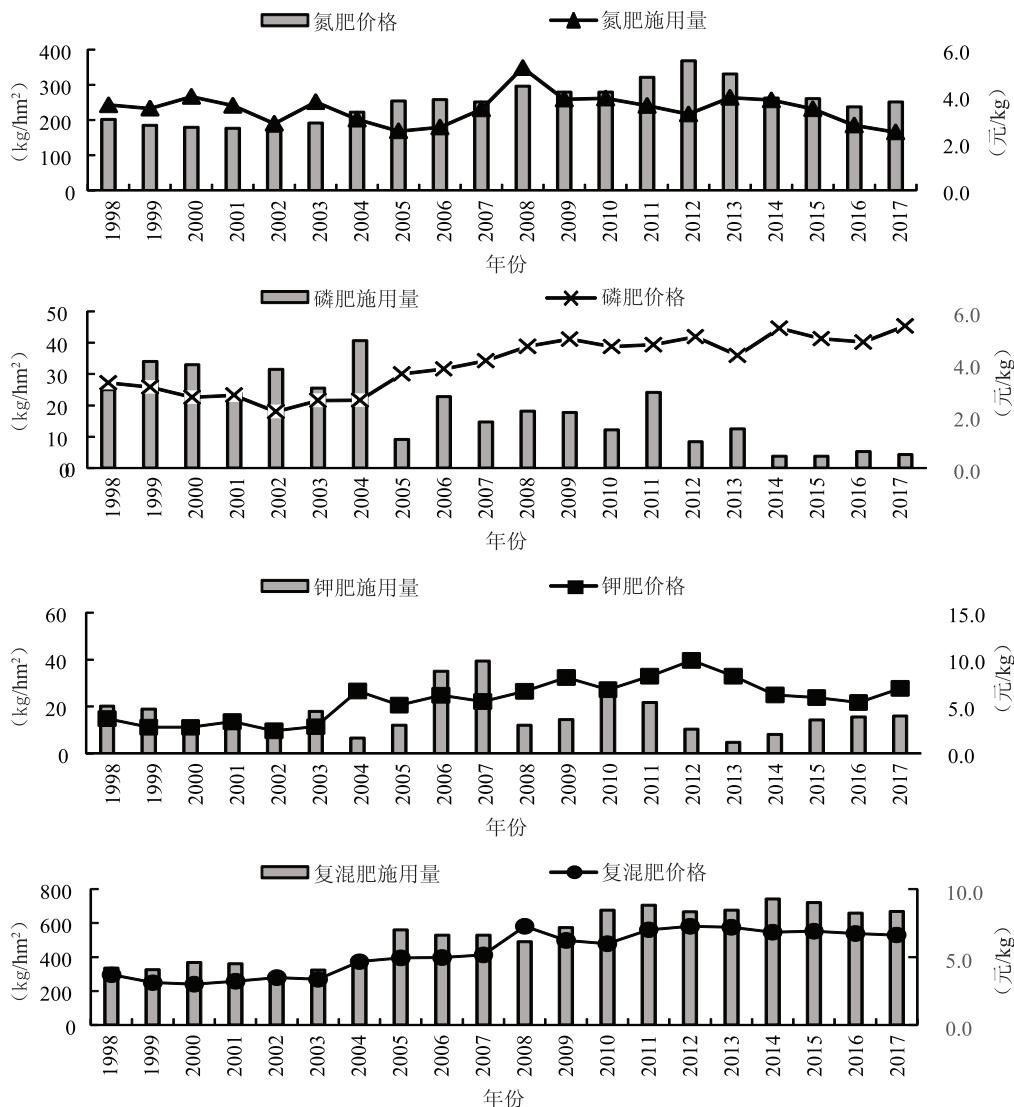


图 9 1998—2017 年 4 种肥料化肥价格与施用量变化

均比重 30.18%。磷肥、钾肥年均施肥量分别为 $18.525 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $16.26 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 占总施肥量比重平均为 2.66% 和 2.10%。复合肥施用量由 $334.8 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 变为 $527.55 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 占总施肥量比例由 53.73% 升至 78.19%, 2002—2014 年增长幅度最大, 年均增幅达 8.83%。2014 年后, 氮肥、磷肥、复合肥每公顷施用量均有下降。

氮元素在果树萌芽期、花期、生长期和结果期均发挥巨大作用, 果树根、枝、叶、花、果实充分发育均需氮肥作为物质基础, 磷肥施肥期是苹果生长早期^[7], 钾肥施肥期主要是在果实膨大期、采后恢复期, 不参与植物体内有机物的合成, 是植物体内多种酶的活化剂^[8], 故而氮肥施肥量远高于磷肥、钾肥。复混肥中含有氮、磷、钾 3 种果树生长的要素, 近年来已为农户化肥购买时的趋势^[9]。

3.2 化肥价格和化肥施用量的相关性分析

氮肥、钾肥施用量变动都与其价格变动无明显相关关系, 而磷肥施用量变动与其价格变动呈负向关系, 复混肥施用量变动与其价格变动呈正向关系(图 9)。

利用 SPSS 软件对磷肥价格及其施用量、复合肥价格分别做 OLS 回归分析, 进行相关性检验并得出回归拟合曲线(图 10)。

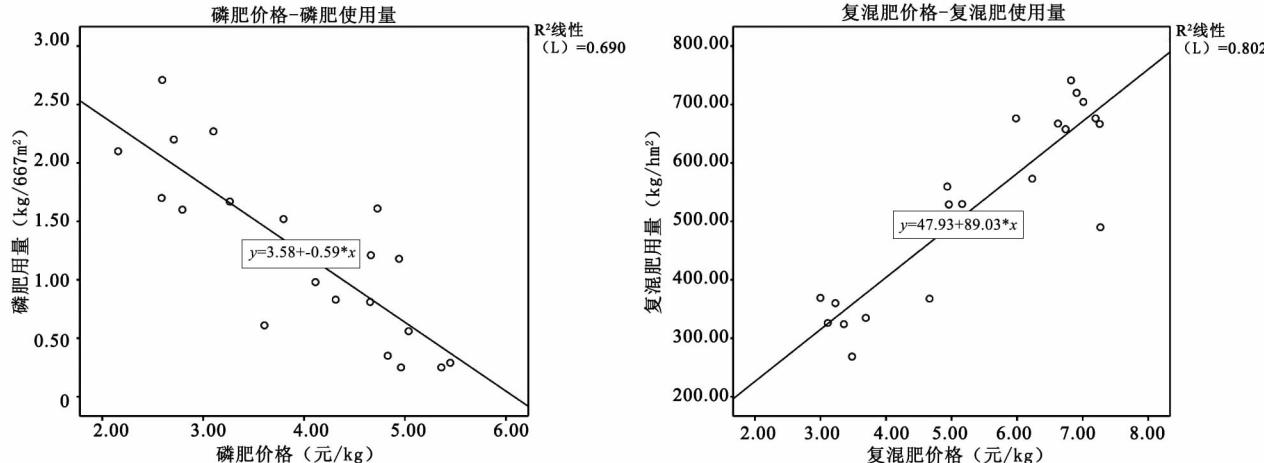


图 10 1998—2017 年磷肥、复合肥价格与其施用量回归分析

注: 根据 1991—2017 年统计数据, 磷肥价格与施用量相关性成立范围为: 价格: 2.52 ~ 5.52 元/kg, 磷肥施用量: 3.75 ~ 40.65 kg/hm²; 复合肥价格与施用量相关性成立范围为: 价格: 2.99 ~ 7.27 元/kg, 复合肥施用量: 268.5 ~ 741.3 kg/hm²

所得磷肥价格及其施用量回归方程为:

$$\hat{QF}_p = 53.692 - 8.830 * PF_p \quad (2)$$

$$(9.368) \quad (-6.336)$$

$$R^2 = 0.673 \quad F = 40.142$$

式(2)中, 括号内为 t 检验值, R^2 为拟合优度, 在 $\alpha = 0.001$ 的显著性水平下, F 值表明模型的线性关系在 99.9% 的置信水平下显著成立, 回归方程拟合度良好。可认为磷肥单价每增加 1 元/kg, 磷肥施肥量减少 8.83 kg/hm²。

所得复合肥肥价格及其施用量回归方程为:

$$\hat{QF}_c = 47.929 + 89.053 * PF_c \quad (3)$$

$$(0.819) \quad (8.529)$$

$$R^2 = 0.791 \quad F = 72.749$$

式(3)中, 括号内为 t 检验值, R^2 为拟合优度, 在 $\alpha = 0.001$ 的显著性水平下, F 值表明模型的线

| Null Hypothesis: | Obs | F-Statistic | Prob. |
|----------------------------------|-----|-------------|--------|
| DQCF does not Granger Cause DPCF | 17 | 0.61011 | 0.5593 |
| DPCF does not Granger Cause DQCF | | 1.04057 | 0.3831 |

图 11 复合肥用量与复合肥价格 Granger 因果关系检验

性关系在 99.9% 的置信水平下显著成立，回归方程拟合度良好。复合肥用量与价格呈正相关关系，即复混肥价格越高其用量也越大，这一相关关系虽然真实地反映了复混肥价格与使用量之间的数理相关关系，但不符合经济学原理。

为此，该文首先采用 Granger 因果检验方法，对复混肥价格与复混肥用量之间的因果关系进行检验（图 11）。

图 11 中， $DPCF$ 和 $DQCF$ 为复混肥价格和施用量的一阶差分时间序列，表示复混肥价格和施用量变动情况，在显著性水平为 95% 的情况下， $DPCF$ 和 $DQCF$ 均通过 ADF 检验后，两者均为平稳的时间序列，具备进行 Granger 因果检验的前提条件。

图 11 中，第 1 列是零假设，即假设 $DPCF$ 和 $DQCF$ 不存在 Granger 因果关系，在 Granger 检验的意义上，第 1 行假设 $DQCF$ 变动不是引起 $DPCF$ 变动的原因，第 2 行假设 $DPCF$ 变动不是引起 $DQCF$ 变动的原因。第 2 列是观察值个数。第 3 列是 F 统计量。第 4 列是接受零假设的概率，通常大于 0.1 便接受零假设。结果显示，复合肥价格变动与其施用量变动之间不存在 Granger 因果关系。

因此，可以得出价格变动不是复合肥施用量增加的原因。在实地调研果农苹果种植化肥施用情况时，复合肥中含有苹果树生长期所需的氮、磷、钾 3 种要素，农户在选择肥料时会选择与苹果树生长期相符的复合肥，在每年施用基肥时（通常为当年 11—12 月或次年 3—4 月），一般选择氮、磷、钾含量比例均相似（14—15—16、15—15—15、17—17—17 等）的复合肥，并混以有机肥；若之后第一次追肥是在结果期之前会选用与基肥相同的肥料，在结果期、果实膨大期（通常为当年 5—7 月），一般选用氮、钾含量较高（17—5—22、20—5—24 等）的复合肥。与单一元素肥相比，复合肥在生产、包装、运输成本等方面更具优势。近年来经销商主推农户使用复合肥，因此销售量远高于单一元素肥^①。对于农户而言，复合肥在使用过程中也不需重新配比，施肥即可完成氮、磷、钾 3 种营养全部施用，省时省力，价格更为经济实惠，同时复合肥利用率远高于单质肥。农民的化肥施用技术的信息来源一般为经销商^[10]，目前，农户在苹果生长过程中选择施用复合肥是一种趋势^[11]，当复合肥价格在农民可接受的情况下，农户不会因为复合肥价格增长而降低使用量。

4 苹果施肥量与农民收益

4.1 施肥量与苹果零售价格相关性分析

1991—2017 年苹果价格总体上升，2010 年、2014 年分别有下降趋势。苹果主产品价格由 1991 的 1.34 元/kg，升至在 2010 年最高价格为 4.76 元/kg，2017 年又降至 3.22 元/kg。苹果价格与每公顷化肥施用量呈相同变化趋势（图 12）。

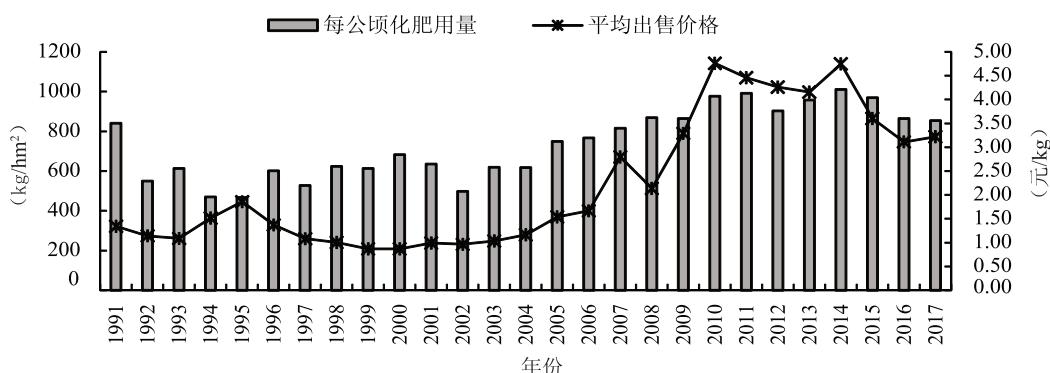


图 12 1991—2017 年苹果价格与化肥施用量变化

^① 在陕西洛川、黄陵县乡镇农用品经销处实地查访的结论

利用 SPSS 软件对苹果价格与每公顷化肥施用量做 OLS 回归分析, 进行相关性检验并得出回归拟合曲线(图 13)。

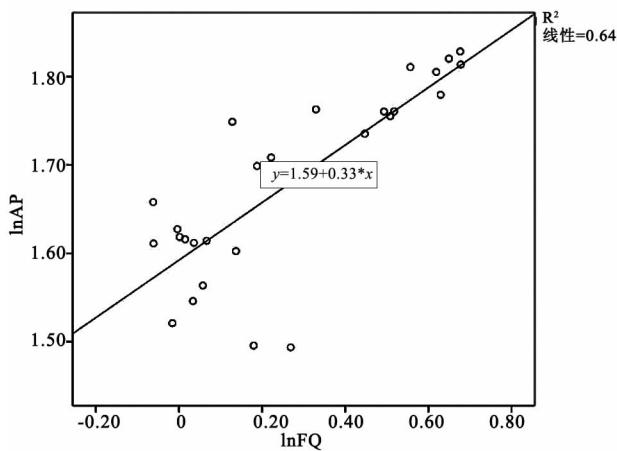


图 13 1998—2017 年苹果价格与化肥施用量
回归分析图(取对数)

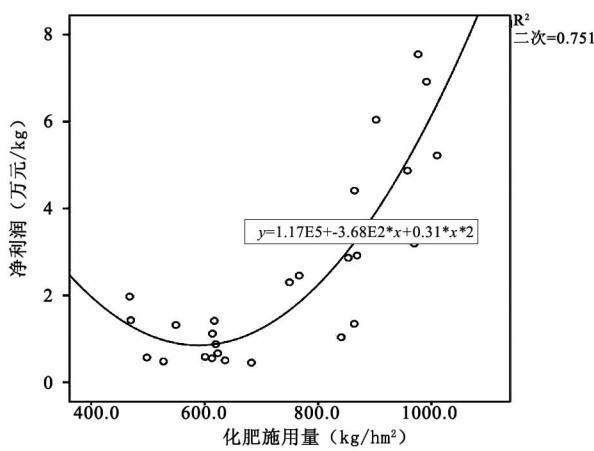


图 14 1998—2017 年苹果生产每公顷净利润
与化肥用量回归分析

苹果价格与化肥施用量回归方程为:

$$\ln \hat{AP} = 1.592 + 0.325 * \ln \hat{FQ} \quad (4)$$

$$(88.084) \quad (6.706)$$

$$R^2 = 0.628 \quad F = 44.974$$

式(4)中, 括号内为 t 检验值, R^2 为拟合优度, 在 $\alpha = 0.001$ 的显著性水平下, F 值表明模型的线性关系在 99.9% 的置信水平下显著成立, 回归方程拟合度良好。可认为化肥施用量每增加 1%, 苹果价格增加 0.33%。

苹果价格除了受生产成本、分销模式、物流运输、替代品价格^[12]和居民可支配收入和进出口贸易^[13]等因素的影响以外, 苹果果实本身的品质也是决定其价格的重要因素。化肥中氮、磷、钾元素在苹果不同生长期发挥不同的作用, 氮素在苹果生长从萌芽到新梢加速生长期均尤为重要, 此期氮素的稳定足量供应为根、枝、叶、花、果实充分发育的物质基础, 充足的氮素供给可促进果树成花、坐果及果实膨大, 从而利于产量提高^[14]; 钾素参与苹果果实糖类物质和淀粉的合成、运输、转化, 影响苹果果实色泽、口感^[15]。故而合理的施肥量提升苹果品质, 进而影响苹果价格。

4.2 施肥量与苹果生产净利润相关性分析

利用 SPSS 软件对苹果生产净利润与化肥施用量进行相关性检验, 观测化肥用量与净利润间的关系, 发现两者之间存在非线性关系, 得出回归拟合曲线(图 14)。

建立苹果生产净利润与化肥施用量回归方程:

$$\hat{\text{Profit}} = 116\,901.274 - 368.058 * \hat{FQ} + 0.312 * \hat{FQ}^2 \quad (5)$$

$$(-4.234) \quad (8.260)$$

$$R^2 = 0.751 \quad F = 36.171$$

式(4)中, 括号内为 t 检验值, R^2 为拟合优度, 在 $\alpha = 0.001$ 的显著性水平下, F 值表明模型的线性关系在 99.9% 的置信水平下显著成立, 回归方程拟合度良好。模型测算结果表明, 化肥施用量对苹果生产净利润的影响存在一个阈值, 即 $589.84 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。当施肥量大于 $589.84 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时, 增加化肥投入量会使净利润增加; 反之, 当施肥量小于 $589.84 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时, 施肥量增加会导致生产成本增加, 此时产值的增加低于生产成本的增加, 化肥施用量对农户生产苹果净利润先呈负向作用。根据所得二次拟合曲线, 可以

根据农户种植收益确定施肥量的作用区间（表2）。

表2 化肥施用量变化与收益变动

| 施肥量变化 (kg/hm^2) | 经济收益变动 |
|-----------------------------------|---|
| 467.55 ~ 589.84 | 随施肥量增加而减少 |
| 589.84 ~ 712.12 | 随施肥量增加而增加，但总体收益小于当施肥量为 $467.55 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时产生的收益 |
| 712.12 ~ 1 010.25 | 随施肥量增加而增加 |

注：该测算结果基于1991—2017年《全国农产品成本收益资料汇编》统计数据，因此，根据历年统计施肥量的最大最小值确定合理施肥区间，1995年和2014年分别为施肥量最小和最大的年份，施肥量分别为 $467.55 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $1 010.25 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。目前未有数据表明，当农户施肥量大于 $1 010.25 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ，种植苹果经济收益与化肥施用量之间的相关关系

但对于果树而言，并不是施肥越多越好。目前我国苹果主产区苹果果园都存在不同程度的化肥过量施用，土壤中氮、磷素存在不同程度的盈余^[16,17]，化肥施用量过多，会使苹果果实变小且含糖量降低^[18]。故而同时考虑环境效益与经济效益，化肥最小施用量应不低于 $712.12 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ，在保障苹果产量的前提下，减轻环境负担。

5 结论与讨论

5.1 结论

苹果种植生产成本、收益、化肥施用量均呈总体增加态势。成本构成中，劳动力成本所占比重逐年增加，化肥成本先增加，2014年后有所下降。化肥施用量与苹果产量呈正相关关系。

氮肥、复合肥使用量较大，磷肥、钾肥使用量较少。氮肥、钾肥施用量对价格不敏感，磷肥价格与磷肥施肥量呈反向相关关系，复合肥价格与其施用量呈数理特征上的正向相关关系，但两者并不互为Granger因果关系。导致复合肥施用量增加的原因主要是：施肥便利度高、方便快捷、肥料利用率高。

化肥施用量与苹果的价格呈正相关关系。充足的化肥供应可以改善苹果果实的口感、色泽、大小、光泽度等，提升果实品质。当化肥施肥量小于 $589.84 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时，增加施肥量使利润减少，继续增加施肥量，利润增加。统计数据测算结果表明，化肥最小施用量应不低于 $712.12 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ，当化肥施用量降低至 $589.84 \sim 712.12 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ，此时农户的经济收益甚至低于施肥量为 $467.55 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时的经济收益。

5.2 建议

苹果较之粮食作物化肥需求量更高^[19]，目前我国化肥使用效率普遍较低^[20-22]，提倡高效精细化管理的施肥方式，减少不必要的化肥使用是减少化肥施用量的最便捷路径。依据不同的气候环境、土壤条件、生长周期、化肥有效成本含量^[23]，测算出合理的化肥量施用区间，对农户的施肥行为进行指导。

提升果农环保种植意识，充分利用各种媒体，加强宣传上倡导科学的施肥方式和化肥减施增效技术运用的好经验、好做法^[24]。大力推广目前已经取得的化肥减施技术成果示范，如调控苹果生长年周期关键节点养分、测土配方精准施肥、施用缓控释肥、有机无机配施、技术物化及轻简化的水肥一体化技术等^[25]苹果化肥减施增效技术。

化肥减施可促进苹果果业绿色转型，利用市场机制调节苹果价格，生产过程符合有机、绿色等产品认证的苹果享受市场高价。培育苹果产业新的经济增长点，探索苹果主产区残次果、果渣综合加工利用，实现苹果无废弃加工^[26]，深度融合苹果生产、果品深加工、农产品市场服务业，延伸农业价值链和效益链^[27]。把果业发展与旅游、采摘、观光、休闲、养生和体验结合起来，多角度、全方位为果农创造新的收入来源，提高果农收入。

加大减肥示范苹果种植区农业补贴力度，建立完善农业保险机制。减少化肥施用量对苹果产量构成一定威胁，国家和各级地方政府应留出财政预算，对苹果产业提供持续的、稳定的资金扶持^[28]，增加资金供给以降低果农自身的成本。建立科学、完善的农业保险，分散苹果种植中的自然风险，降低损失程度，为农户提供防范自然灾害和市场价格波动“双保障”^[29]。

参考文献

- [1] 中国农业科学院. 中国农业产业发展报告 2018. 北京: 经济科学出版社, 2018.
- [2] 何烨. 围绕“一控两减三基本”打好农业面源污染防治攻坚战. 农民日报, 2015-07-31 (01).
- [3] 葛顺峰, 姜远茂. 苹果化肥农药减施增效技术途径与研究展望. 植物生理学报, 2016, 52 (12): 1768-1770.
- [4] 尹昌斌, 程磊磊, 杨晓梅, 等. 生态文明型的农业可持续发展路径选择. 中国农业资源与区划, 2015, 36 (1): 15-21.
- [5] 于法稳. 基于资源视角的农业供给侧结构性改革的路径研究. 中国农业资源与区划, 2017, 38 (6): 1-6.
- [6] 易会文. 格兰杰因果检验用法探讨. 中南财经政法大学研究生学报, 2006 (5): 34-36, 23.
- [7] 李文庆, 张民, 束怀瑞. 氮素在果树上的生理作用. 山东农业大学学报(自然科学版), 2002 (1): 96-100.
- [8] 石美娟, 窦彦鑫, 任哲斌, 等. 苹果树钾素吸收特性及施用建议. 南方农业, 2018, 12 (16): 53-55.
- [9] 江海. 化肥市场呈现“新常态”. 农资导报, 2014-12-26 (A6).
- [10] 熊宏武, 郑刚. 农民化肥知识来自网点经销商——磷复肥业的市场营销调查. 中国农资, 2007 (1): 47.
- [11] 江海. 化肥市场呈现“新常态”. 农资导报, 2014-12-26 (A6).
- [12] 李京栋, 李先德, 孙致陆. 中国大宗水果价格大幅波动的影响因素分析——基于苹果、梨、香蕉价格数据. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2018, 19 (3): 15-23.
- [13] 周霞, 郑艺雯. 基于 HP 滤波模型的山东省苹果价格波动特征及其影响因素分析. 山东农业大学学报(社会科学版), 2018, 20 (1): 41-46.
- [14] 马立伟, 李艳. 苹果产业发展中投入要素在生产中作用的实证分析——以陕西省洛川县为例. 安徽农业科学, 2009, 37 (9): 4303-4304.
- [15] 李四俊, 钟泽, 刘项荣, 等. 苹果无公害标准化施肥方案及配套专用肥研究. 果树学报, 2007 (6): 845-848.
- [16] 席瑞卿, 赵晓进, 张考学, 等. 不同施肥水平对苹果产量、品质及养分平衡的影响. 西北农业学报, 2010, 19 (2): 141-145.
- [17] 王小英, 陈占飞, 胡凡, 等. 陕西省农田化肥投入过量与不足的研究. 干旱地区农业研究, 2017, 35 (6): 159-165.
- [18] 何学涛, 牛俊义, 刘建华. 不同施肥水平对苹果产量及品质的影响. 甘肃农业大学学报, 2010, 45 (2): 83-86.
- [19] 张卫峰, 季玥秀, 张福锁, 等. 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, 2008 (1): 31-36.
- [20] 张波, 白秀广. 黄土高原区苹果化肥利用效率及影响因素——基于 358 个苹果种植户的调查数据. 干旱区资源与环境, 2017, 31 (11): 55-61.
- [21] 刘莉, 刘静. 基于种植结构调整视角的化肥减施对策研究. 中国农业资源与区划, 2019, 40 (1): 17-25.
- [22] 李燕青, 丁文涛, 李壮, 等. 辽宁省苹果主产区果园施肥状况调查与评价. 中国果树, 2017 (6): 94-98.
- [23] 魏莉丽, 习斌, 徐志宇, 等. 水稻种植示范区化肥减施增效技术采纳意愿的调查研究——基于沙洋县问卷调查的分析. 中国农业资源与区划, 2018, 39 (9): 31-36.
- [24] 耿飙, 罗良国. 农户减少化肥用量和采用有机肥的意愿研究——基于洱海流域上游面源污染防控的视角. 中国农业资源与区划, 2018, 39 (4): 74-82.
- [25] 葛顺峰, 朱占玲, 魏绍冲, 等. 中国苹果化肥减量增效技术途径与展望. 园艺学报, 2017, 44 (9): 1681-1692.
- [26] 乔德华, 魏胜文, 王恒炜, 等. 甘肃苹果产业发展优势及提质增效对策. 中国农业资源与区划, 2016, 37 (8): 168-174.
- [27] 王璇, 刘军弟, 邵砾群, 等. 我国苹果产业年度发展状况及其趋势与建议. 中国果树, 2018 (3): 101-104.
- [28] 刘素春, 刘亚文. 农产品收入保险及其定价研究——以山东省苹果为例. 中国软科学, 2018 (9): 185-192.
- [29] 徐婷婷, 孙蓉, 崔微微. 经济作物收入保险及其定价研究——以陕西苹果为例. 保险研究, 2017 (11): 33-43.

EMPIRICAL STUDY ON THE EFFECT OF CHEMICAL FERTILIZERS CONSUMPTION ON ECONOMIC BENEFIT OF APPLE PLANTING^{*}

Su Jingxuan, Li Ninghui^{*}

(Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract There are growing number of problems about apple planting in China's main production areas. On the one hand, excessive use of chemical fertilizer causes non-point source pollution in agriculture, on the other hand, the increase of apple production in China relies heavily on chemical fertilizer application. The national policy advocates that the fertilizer reduction project should be promoted in the main producing areas of apples under the condition that farmers can accept it, so as to achieve the goal of reducing fertilizer application and increase apple production. Therefore, it is particularly important to clarify the influence mechanism of fertilizer use on the price of

apples and the income of fruit farmers. This paper analyzed the correlation between fertilizer application amount and apple price and net profit of apple planting, and the relationship between fertilizer price change and farmers' fertilizer selection behavior, based on the data of apple planting cost and income in China from 1991 to 2017. At the same time, this paper used ordinary least square regression (OLS) and Granger causality test to analyze the influence mechanism between variables. The results showed that the production cost increases steadily with the increase of apple production. From the perspective of the changing trend of cost composition, the total cost decreased slightly after 2013, while the production labor cost continued to increase, and became the largest item in the cost expenditure from 2011. The amount of fertilizer increased first and then decreased, and decreased year by year after 2014. It had become a trend that farmers chose compound element fertilizer instead of single element fertilizer. The amount of fertilizer application had a positive effect on the price of apples, because it would affect the taste and quality of apple fruits. There was a threshold value for the effect of fertilizer amount on the profit of apple production. When the fertilizer amount was less than this value, the fertilizer amount had a negative relationship with the net profit of apple production; otherwise, it had a positive relationship. In summary, the minimum application amount of fertilizer, namely $712.12 \text{ kg}/\text{hm}^2$, is calculated in this paper to ensure the increase of farmers' income from apple planting. So, we should cultivate farmers' awareness of environmental protection, improve the use efficiency of chemical fertilizer, extend the value chain of apple industry, increase the agricultural subsidies for the farmer who reduces fertilizer application in apple planting areas, establish and improve the agricultural insurance mechanism, increase the economic benefits of fruit growers from all aspects, and promote the reduction and efficiency of apple chemical fertilizer.

Keywords apple; cost of production; consumption of chemical fertilizers; economic benefit; regression analysis

(上接第 5 页)

农业可持续发展及农业产业发展等问题。2018 年中国发展进入全新时期，党的十九大提出乡村振兴战略，明确了解决“三农”问题是全党工作的重中之重，这无疑成为农业经济学科未来很长一段时间内的研究重点，同时农业经济学科也迎来了一个重要的发展机遇，应把握好新时期学科的发展趋势。

农业经济学科要进一步深化国际化方向。我国农产品在国际市场竞争力较弱，加上全球化的严峻考验，农业经济学科必须结合新时代发展主题和当前国情开展研究。既要跟随国际脚步，保持与国际农经界的密切交流，吸收其他国家的优秀研究成果，提高学科在国际学术界的地位；又要将理论与实践相结合，在我国农业发展政策指导下科学规划农业发展方向，快速提高农业经济发展水平，推动我国农业向国际化方向发展。

农业经济学科应继续以建设中国特色现代化农业为目标。农业经济学科要以乡村振兴战略和我国特色农业理论为支撑，改变过去研究过于宽泛且不

务实的问题，完善学科内容，关注我国农业的整体发展。根据农业发展现状，提升学科的实用性，运用先进技术及各类高科技手段科学整合农业资源，始终以实现农业经济现代化为目标。

农业经济学科要向管理学和应用经济学方向延伸。我国农业发展仍然有诸多问题需要解决，如何缩小城乡差距，如何提高农民收入，如何实现可持续发展等。农业经济学科应深入研究市场，培养更多学术修养高且具备管理能力的农业人才，以保障我国农业健康发展。同时，除了基础领域外还需要向新的领域拓展，如农业的生态功能、食品安全及营养等。

正确把握农业经济学科的发展趋势，应不拘泥于传统的研究方法，正视新时代发展主题衍生出的新问题、新方向，坚持理论与实践相结合，全面促进我国实现农业现代化。《新时期农业经济与管理实务》一书结构合理，内容翔实，对研究农业经济学科的发展趋势带来一定的方向指引作用。

文/赵云英（新疆石河子广播电视台大学，讲师）