

影响洛川县苹果产投效益的关联因素分析

薛瑞 王冲* 张东 杨秀山 赵鲁邦

(中国农业大学 资源与环境学院/生物多样性与有机农业北京重点实验室/
植物-土壤相互作用教育部重点实验室,北京 100193)

摘要 为了解在黄土高原乃至我国苹果产业中占重要地位的洛川县地区的苹果园成本投入现状、分析计算合理施肥范围及各成本的投入与效益的关系,为实现果园的节肥减药和提高苹果品质提供指导依据,基于问卷调查,利用数据标准化和灰色关联分析法,对施肥量与产量、成本与利润、产量与利润的关系进行分析。结果表明:1)苹果产量随氮肥、磷肥、钾肥投入的增加,先增加后降低;2)当成本投入增加到3万元/hm²时,产量和利润均达到峰值;3)肥料费用、农药费用、用工费、纸袋费与利润的关联度均达到80%以上,每一项成本投入对苹果效益都有密切联系,其中肥料和农药费用最高,关系最密切。洛川县苹果园氮、磷、钾肥施用过量 and 不足现象并存。因此,应在充分了解果园土壤养分状况的基础上,结合果树的需肥规律,对该区域的苹果树合理施用氮、磷、钾肥,提高肥料利用率,达到节肥增效的目的。

关键词 苹果; 产量; 施肥量; 效益分析; 无量纲化

中图分类号 F304.7 文章编号 1007-4333(2018)03-0158-06 文献标志码 A

Contingency analysis on farmers' input and output of apple orchards in Luochuan County

XUE Rui, WANG Chong*, ZHANG Dong, YANG Xiushan, ZHAO Lubang

(College of Resources and Environmental Sciences / Beijing Key Laboratory of Biodiversity and Organic Farming/
Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract Luochuan County is an important area for apple production in China. It is important to understand the current situation of apple orchard in Luochuan County, calculate the reasonable fertilization range and analysis the relationship between the input and benefit on farmers' profit in this area. A household survey from 154 farmers was conducted to investigate the relationships among fertilization, yield, cost and profit in apple orchards, and the data was analyzed by the combined method of data normalization and gray correlation analysis. The results indicated that the increase of fertilizer could improve apple yield within a certain range. The farmers could gain the highest yield and profit when the input of apple orchard increased to 30 000 RMB/hm². All the input of fertilization, pest and disease prevention, labor and bagging were closely linked to the farmers' profit, and the cost of fertilization and disease prevention had the greatest proportion of input. And excessive and deficient application of N, P and K fertilizers existed simultaneously. Therefore, suggestions on strengthening the reasonable application of fertilizer in apple production in future was put forwarded.

Keywords apple; yields; fertilizer application; effectiveness analysis; dimensionless

陕西省洛川县位于渭北黄土高原核心地带,是全球完全符合苹果最适宜生产区7项气象指标的生产区之一^[1],总耕地面积4.3万hm²,果园面积3.3万hm²,占耕地面积的80%以上,2014年果品总产

达到82万t,产值超过30亿元,占农业总收入的90%^[2]。农田施肥是保持土壤肥力和增加作物产量的重要环节之一^[3]。在苹果生产过程中盲目的过量施肥现象相当普遍,这不仅不会提高产量和经济效

收稿日期:2017-04-10

基金项目: National key research and development program(2016YFE0101100)

第一作者: 薛瑞, 硕士研究生, E-mail: XR416917118@163.com

通讯作者: 王冲, 副教授, 主要从事土壤生态学研究, E-mail: wangchong@cau.edu.cn

益,而且会破坏环境^[4]。杨秀山等^[5]通过对洛川县施肥状况的研究分析,发现果农不重视秋施基肥,追肥一炮轰中微量元素投入不合理,为追求产量,盲目增加施肥量。农业生产过程中,化肥过量使用是造成农业环境污染的主要原因之一^[6]。郑国璋等^[7]分析评价了洛川县苹果园土壤环境及对人体危害较大的Cd、As(砷)、Cr、Pb等重金属元素的污染现状,发现大量使用含As的农药和化肥会导致土壤重金属污染;除此之外过度施用化肥还会加重温室效应,加剧水体富营养化^[8]。氮施用量过多,使果树生长过旺,引起花芽形成困难,造成生理落果,果实着色不良,含糖量下降^[9]。苹果的产量也与施肥量密切相关,庞丽^[4]通过研究不同施氮钾肥水平对苹果产量的研究,表明产量随施肥量增加呈现呈先上升后降低趋势;何学涛^[10]通过施用单一肥料和配比施肥,表明在使用单一肥料时,化肥可明显提高果树单株产量,而化肥过量不利于单株产量的提高。然而,在诸多的调查研究中对苹果园的施肥标准、成本、产量和收益进行整体分析的研究报道较少。

在已有的产出效率的研究中,主要采用的方法有2类,一类是参数方法的随机前沿分析(Stochastic frontier analysis, SFA),另一类是非参数方法的数据包络分析(The data envelopment analysis, DEA)。由于前沿分析法是在固定的投入或产出的条件下研究生产规模的产出效率,而该研究的目的是在资源投入减少的情况下,增加产出效率,达到“投入产出”的最优平衡点。该模型中应用的数据无量纲化处理可以有效避免研究过程中“大数吃小数”的错误结果,增强数据之间的相关性,同时可以使单位不相同的数据有效合并,挖掘隐藏指标。本研究目的是分析计算合理施肥范围及成本、产量和收益之间的关系,本研究于2015—2016年,随机对171个果园的施肥现状、农药使用、纸袋情况等进行了详细的问卷调查,通过对调查数据构建数学模型,分析施肥量与产量的关系、各成本投入与利润的关联度及利润与成本的关系,旨在帮助果农优化投入产出结构,最终使资源得到合理配置,实现“低投入-高产出”的良性循环种植模式,减轻环境压力,实现苹果产业可持续发展。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

洛川县地处渭北黄土高原沟壑区(109°13′14″~

109°45′47″E, 35°26′29″~36°04′12″N)。属北温带大陆性湿润易干旱季风气候,境内气候较温和,太阳辐射能量丰富,年均气温9.2℃,年降水量622mm,无霜期167d,日照充足,昼夜温差大,雨热同季。具有得天独厚的苹果生产自然资源条件,是国内外专家公认的世界最佳苹果优生区。

1.2 调研对象

于2015—2016年在洛川县自然村的苹果种植户中随机抽样调查(图1),最终获得问卷171份,其中17份由于信息不完整予以剔除,得到有效问卷154份。调查内容包括:用工费、纸袋费、农药费、经济收益、苹果销售单价、种植树龄、栽植密度、灌溉条件、果园面积、主栽品种、当季施肥量、施肥种类、施肥时期和苹果产量等。其中苹果销售平均价格为2.7元/kg;种植树龄为20~25年;栽植密度包括3m×4m、4m×4m、4m×5m3种形式;采用灌溉农户仅有5户;大多数果农的施肥次数为2次,集中在3月中下旬和6月。

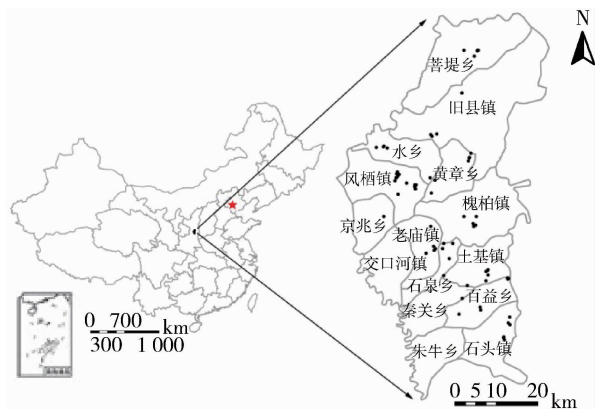


图1 洛川县问卷调查分布

Fig. 1 The distribution of household survey in Luochuan County

1.3 数据处理

采用Excel 2007进行数据整理和统计分析,养分用量根据肥料产品的养分标注进行折纯计算。为了便于构建养分与产量之间的关系,需要进行无量纲化处理,在数据处理过程中对养分和产量的值进行了均值标准化处理(式(1))。为了更加突出各果园中N、P和K养分的使用量与产量之间的差异,对标准化处理后的数据,进行差值计算(式(2))。

$$Z(x_i) = x_i / \bar{x}_i \quad (1)$$

式中: i 为调查果园数; x_i 为各调查指标的实际调查值; \bar{x}_i 为各指标调查值的平均值; $Z(x_i)$ 为调查指标标准化值。

$$\Delta = Z(x_i) - Z(y_i) \quad (2)$$

式中: $Z(y_i)$ 为个果园调查产量标准化值; Δ 为差值;当 $\Delta=0$ 时,说明该资源配置方式达到最佳的平衡状态,也就是资源最佳投入点(资源投入最大值);当 $\Delta>0$ 时,说明资源配置方式处于收益递增阶段,此时苹果种植户应该适度增加投入;当 $\Delta<0$ 时,则说明该资源配置方式此时处于收益递减,对决策的影响就是此时应该适度缩减投入。

2 结果与分析

2.1 苹果园肥料投入和产量现状分析

研究区苹果园化肥投入量普遍较高,且果园间

差异较大(表1)。在调查的171个果园中,氮肥用量的变幅为295.3~3546 kg/hm²,平均高达1250.2 kg/hm²。磷肥平均用量为711.9 kg/hm²,变幅为0~2388 kg/hm²。钾肥平均用量为1003.7 kg/hm²,变幅为0~2538 kg/hm²。由表1可知在不同产量的水平下,各水平的施肥量大致相同,成本和利润逐渐增高,说明果农没有根据果园的产量和承载量科学施肥。低产园与高产园同样施肥,致使低产园过量施肥更加严重,低产园对于其他费用(纸袋、用工、农药)投入过低,对果园管理不精细,缺乏科学的技术指导,无明确的合理分配成本的概念。

表1 2015—2016年洛川县苹果园基本情况

Table 1 The basic situation of apple orchard in Luochuan County

产量/ (t/hm ²) Yield	果园 Orchard	比例/% Proportion	氮/(kg/hm ²) N	磷/(kg/hm ²) P ₂ O ₅	钾/(kg/hm ²) K ₂ O	利润/(万元) Profit	成本/ (0.1万元) Cost
≤15	2	1.30	948.90±705.98	718.95±496.60	928.425±734.93	3.78±0.05	6.48±5.26
15<y≤30	41	26.62	1067.92±450.54	718.38±516.72	899.760±485.03	6.18±2.63	13.32±6.92
30<y≤45	46	29.87	1237.70±445.73	650.00±288.14	984.810±411.63	10.33±2.97	20.13±6.84
>45	65	42.21	1383.44±621.49	751.08±369.85	1084.950±424.18	14.37±2.75	24.19±8.29

2.1.1 施氮量与产量之间的关系

研究区苹果园氮肥投入量为基肥和追肥之和,各农户间差异很大。对调查数据进行转换分析,建立施氮量与产量关系图(图1(a))。可得到施氮量和产量的一元一次方程: $y=0.0112x-0.7849$ ($R^2=0.6383$)。从方程可知施肥量与产量有一定相关关系,苹果产量并不随施氮量的增加而增加。由图2(a)可知,当氮肥用量低于1050 kg/hm²时,随着施氮量的增加,果实产量呈现持续增加的趋势,且增幅较大,属于“低投入高产出模式”;当氮肥用量大约为1050 kg/hm²时,施氮量与产量的标准化后的差值逐渐接近于0,说明苹果产量增加速率呈现减缓趋势,属于“投入产出平衡模式”;当施氮量超过1050 kg/hm²时,施氮量与产量的标准化后的差值>0,且继续增大,表明果实的产量不但没有明显增加,反而增加速率明显下降,甚至会导致负增长,该范围属于“高投入低产出模式”,导致资源浪费、成本增加、果园土壤板结、肥力破坏等现象。

2.1.2 施磷量与产量之间的关系

同理,对研究区果农磷肥投入量和苹果产量作图(图2(b))。对不同磷肥投入量下的苹果产量添加趋势线,可得施磷量和产量的一元一次方程: $y=0.0231x-0.9509$ ($R^2=0.7175$)。施磷量与苹果产量之间有一定相关关系,且随着施磷量的增加,苹果产量呈先增后减趋势。从图1(b)可知,磷肥用量为600 kg/hm²时,苹果产量与磷肥投入达到“投入产出”的相对平衡状态,过量施用磷肥后存在果品产量下降的风险。

2.1.3 施钾量与产量之间的关系

同理,对研究区果农磷肥投入量和苹果产量作图(图2(c))。对不同钾肥投入量下的苹果产量添加趋势线,可得施钾量和产量的一元一次方程: $y=0.0133x-0.7425$ ($R^2=0.6151$)。由图1(c)可以看出,施钾量与苹果产量之间有一定相关关系,且随着施磷量的增加,苹果产量呈先增后减趋势,钾肥用量为800 kg/hm²左右时,即为投入产出平衡点。

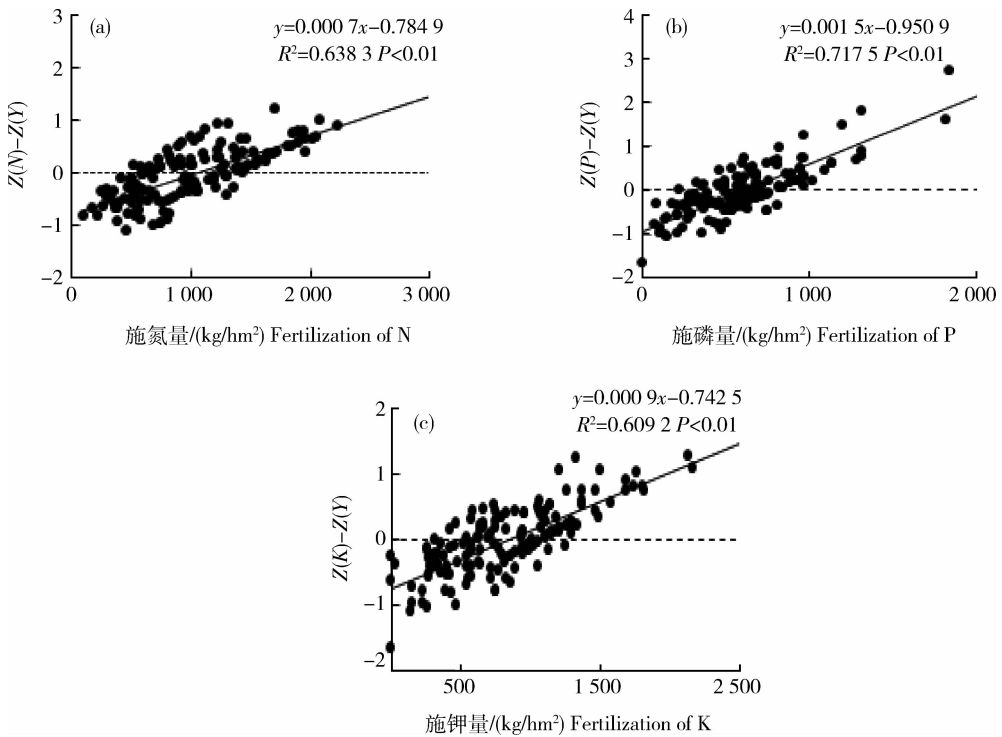


图 2 养分投入与苹果产量的相关关系

Fig. 2 The correlation between nutrient input and apple yield

2.2 苹果园产量和经济效益分析

在调查问卷中果园投入主要包括：肥料、农药、纸袋和用工。对各种成本投入占总投入的百分比进行统计。从表 2 可知：纸袋费用最高，占到了总成本的 41% 以上；其次农药费用投入，占生产总成本的 29.8%；肥料费用居于第三位，占总成本的 21.56%；用工费最低，占成本的 7.61%。通过对各种投入成本与效益做灰色关联分析(表 2)，表明肥料费用与效益的关系为 85.5%、农药费为 87%、纸袋及用工为 81%。通过上述关联分析表明，虽然每项成本费与效益的关联度有差异但是均达到 80% 以上，说明每一项成本投入与苹果效益都有密切联系。表 2 为投入成本与利润之间的关系，通过拟合一元二次方程可知，由于土壤本身肥力影响，当成本投入为 0 时利润为 2.1 万元/hm²；随着成本的逐渐增加，利润出现先增加后降低的趋势；当成本达到大约 3 万元/hm² 时，果园利润最大约为 12 万元/hm²。

2.3 苹果园管理措施和经济效益分析

根据图 3(a) 和 (b) 可知，随着成本投入逐渐增加，苹果产量呈现明显增加趋势，当成本投入增加到 3 万元/hm² 产量和利润均达到峰值；当成本投入 > 3 万元/hm² 时，产量处于不变状态，利润呈现下滑

趋势。结合图 3(c) 可知，产量和利润关系总体呈现正相关关系，当产量达到 45 t/hm² 是，预计利润可达 12 万~13.5 万元/hm²。

表 2 各类成本与效益的关系

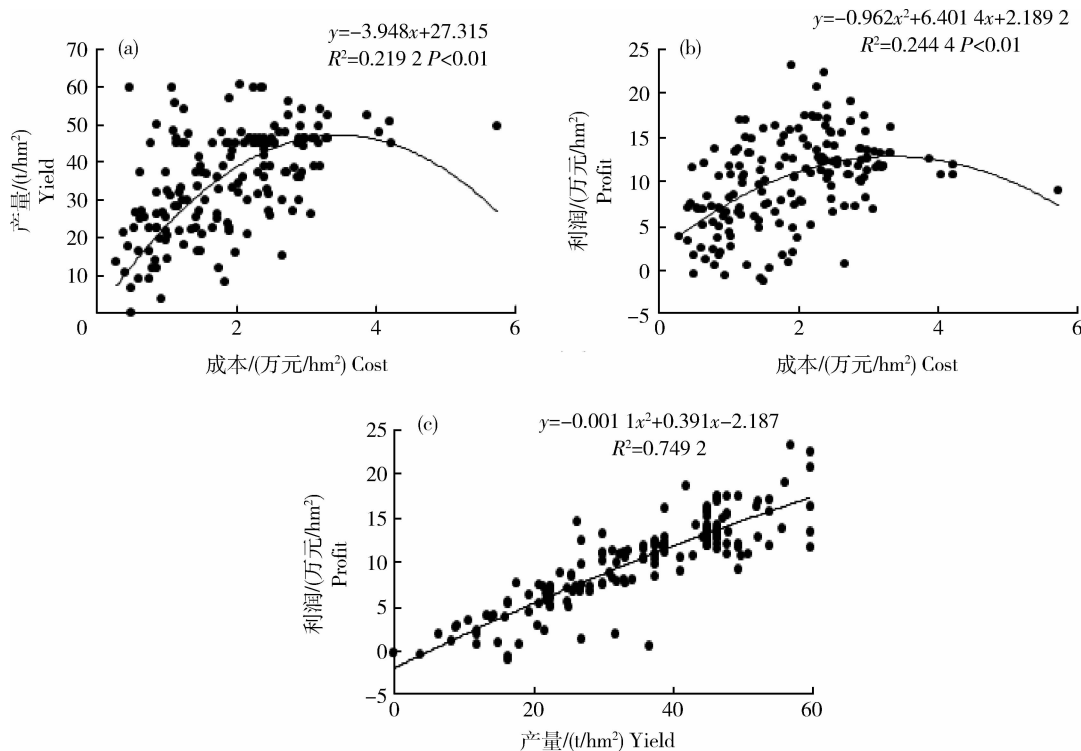
Table 2 The relationship between each kind of cost and profit

指标 Index	成本 Cost			
	肥料 Fertilization	农药 Pesticide	用工 Labor	纸袋 Bagging
关联度/%	85.5	87	81	81
成本投入比例/%	21.56	29.8	7.61	41.3

3 分析与讨论

3.1 施肥量与产量的关系

本研究基于洛川苹果农户的调研数据，建立苹果园施肥量与产量之间的线性关系，模拟计算出大致施肥的合理范围，结合当地文献资料推荐的肥料用量，制定了该流域苹果园的合理施肥量：苹果产量在 30~45 t/hm² 时，建议氮肥(N)施用量为 700~850 kg/hm²，磷肥(P₂O₅)施用量为 400~560 kg/hm²，钾



(a)成本-利润 Cost-Profit;(b)产量-成本 Yield-Cost;(c)产量-利润 Yield-Profit

图3 成本、利润、产量之间关系

Fig. 3 The relationships among fertilization, yield, cost and profit

肥(K_2O)施用量为 $530 \sim 720 \text{ kg/hm}^2$, $N : P_2O_5 : K_2O$ 养分比例约为 $1 : 0.6 : 0.8$, 与许敏^[11]通过试验得到的 $1 : 0.7 : 0.74$ 相比, 钾肥和磷肥比例存在差异, 氮肥与钾肥, 氮肥与磷肥比例差别较小。本研究通过上述分析计算得出的果园合理施肥量与已有文献相比^[12-13], 存在偏高的问题。由于前人研究的果树树龄处于盛果期, 对化肥具有较低依赖性, 多数果园的施肥量处于合理范围; 部分文献建议的施肥量, 是在有机肥基础上的化肥施用量因此建议化肥合理投入量少^[14]; 同时由《全国农产品成本收益资料汇编》可知, 果农开始大量施肥始于2008年, 未来几年施肥量处于快速增长模式, 该研究是2016年调查的数据, 较之前文献调查数据高约2.5倍, 因此估算施肥量范围高于前人研究结果。

3.2 影响果农收益的主要因子

在市场价格稳定的情况下, 决定果农收益的是苹果产量(图3(c))和生产成本。本研究中, 通过对成本和利润模拟的方程(图3(a))可知: 随着生产成本的增加, 果农收益不断提高。这主要是由于增加生产投入, 苹果产量不断提升(图3(b))。由图3(c)可知, 在苹果产量增加阶段时($30 \sim 45 \text{ t/hm}^2$), 产量

与利润呈现正相关关系, 当超过这一值时, 由于苹果产量提高较少, 但是成本的不断提高, 导致果农收益开始下降。过多的投入生产成本, 并不能显著提高苹果产量, 反而会因成本的增加, 降低果农的收益。

本研究在成本投入中(表2), 纸袋和农药投入占有比重较大, 分别为41.3%和29.8%。李写一^[15]研究中也指出, 纸袋和农药投入比重分别为30.28%和11.87%, 但低于本研究的投入比重。这是由于近年来, 为了追求苹果高产, 增加果树的承载量, 纸袋量也随之增加, 同时也提高了病虫害管理的强度, 因此纸袋和农药投入增多。其次是肥料的投入, 投入比重占20%~30%, 过量的化肥使用影响了果农收益的提高。

通过灰色关联分析法分析效益与各部分成本之间的关联度得出: 农药>肥料>用工>纸袋。黄丽娜等^[16]通过构建用工、肥料和农药与苹果产量的关系, 也得出类似结论, 各部分投入分别与效益的密切度为: 用工>农药>肥料>纸袋。可见, 农药、肥料、用工和纸袋是影响果农收益主要因素。在本研究中, 用工成本较低, 是由于农户果园面积多在 $0.31 \sim 0.44 \text{ hm}^2$, 管理方式多为小农户精细化管

理,用工成本较低,因此得出肥料和农药费用与效益的关联度高于用工费与效益的关联度。

4 结 论

苹果园的施肥量与产量有强相关关系,产量随施肥量的增加先增高后降低;利润随成本增加先增多后下降;利润随产量的增高,增加速率逐渐减少。肥料费用、农药费用、用工费、纸袋费与利润的关联度均达到80%以上,每项成本投入对苹果效益都有密切联系,其中肥料和农药费相关性最高。洛川县苹果园氮、磷、钾肥过量和不足现象并存,果农对果园的粗放式管理导致资源浪费,效益下降。因此,应该在充分了解该区域果园土壤养分状况的基础上,结合果树的需肥规律,合理施用氮、磷、钾肥,提高肥料利用率,以实现节肥增效的目的。

参考文献 References

- [1] 同延安. 北方果树测土配方施肥技术[M]. 北京:中国农业出版社,2011
Tong Y A. *Soil Testing and Fertilizer Recommendation in Northern China* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2011 (in Chinese)
- [2] 齐宏民,冯红利,杨娜娜,杨百成. 洛川县旱塬果园土壤养分的现状、问题和对策[J]. 陕西农业科学,2016,62(1):78-81
Qi H M, Feng H L, Yang N N, Yang B C. The nutrient status, problems and countermeasures of orchard soil in plateau of Luochuan County [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2016, 62(1): 78-81 (in Chinese)
- [3] Smil V. *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production* [M]. Cambridge: MIT Press, 2001. 102-113
- [4] 庞丽. 不同施肥方法对富士苹果品质的影响[J]. 防护林科技, 2015(12):44-45
Pang L. Effect of different fertilization methods on quantity of 'Fuji' apple [J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2015 (12): 44-45 (in Chinese)
- [5] 杨秀山,李晓林,赵鲁邦,张东,王冲,屈军涛. 洛川县苹果果园施肥现状与对策[J]. 陕西农业科学,2017(1):61-63
Yang X S, Li X L, Zhao L B, Zhang D, Wang C, Qu J T. Fertilization status and recommendations of apple orchards in Luochuan County [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2017(1): 61-63 (in Chinese)
- [6] 陈相芬. 变量施肥的环境效率测算技术研究[D]. 长春:吉林大学,2007
Chen X F. Study on the measuring technology of environmental efficiency of variable-rate fertilization [D]. Changchun: Jilin University, 2007 (in Chinese)
- [7] 郑国璋,岳乐平. 洛川苹果园地土壤重金属污染调查与评价[J]. 土壤通报,2008,39(2):402-405
Zheng G Z, Yue L P. Investigation and assessment on heavy metals pollution of soil in Luochuan apple orchard [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2008, 39(2): 402-405 (in Chinese)
- [8] Alaphilippe A, Boissy J, Simon S, Godard C. Environmental impact of intensive versus semi-extensive apple orchards; use of a specific methodological framework for life cycle assessments (LCA) in perennial crops [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 127: 555-561
- [9] 刘长虹,韩明玉,张立新. 初夏施肥对渭北旱塬红富士苹果生长、产量及品质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,(26):63-66
Liu C H, Han M Y, Zhang L X. The effects of fertilizer application at early summer on growth, yield and quality of Fuji apple in Weibei Highland [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, (26): 63-66 (in Chinese)
- [10] 何学涛. 不同施肥水平对陇东旱塬苹果园土壤水分及苹果产质量的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009
He X T. Effect of fertilizer application level on the soil moisture, the yield and quality of apple in the east of Gansu [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2009 (in Chinese)
- [11] 许敏. 渭北高原红富士苹果园土壤养分特征及施肥管理研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2015
Xu M. Research on soil nutrient characteristics and fertilization management of Fuji apple orchards in Weibei Plateau [D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2015 (in Chinese)
- [12] 赵佐平,同延安,刘芬,王小英,曾艳娟. 渭北旱塬苹果园施肥现状分析评估[J]. 中国生态农业学报,2012,20(8):1003-1009
Zhao Z P, Tong Y A, Liu F, Wang X Y, Zeng Y J. Assessment of current conditions of household fertilization of apples in Weibei Plateau [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(8): 1003-1009 (in Chinese)
- [13] 王圣瑞,马文奇,徐文华,黎青慧,张福锁. 陕西省苹果施肥状况与评价[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(1):146-151
Wang S R, Ma W Q, Xu W H, Li Q H, Zhang F S. Evaluation on situation of fertilization for apple in Shaanxi Province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2004, 22(1): 146-151 (in Chinese)
- [14] 刘侯俊,巨晓棠,同延安,张福锁,吕家珑. 陕西省主要果树的施肥现状及存在问题[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(1):38-44
Liu H J, Ju X T, Tong Y A, Zhang F S, Lv J L. The status and problems of fertilization of main fruit trees in Shaanxi Province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2002, 20(1): 38-44 (in Chinese)
- [15] 李写一. 洛川县苹果种植业发展研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2011
Li X Y. Research on development of apple cultivation in Luochuan County [D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2011 (in Chinese)
- [16] 黄丽娜,董晴,赵玉荣. 山东苹果产业生产中投入产出效益的实证分析[J]. 山东农业大学学报:社会科学版,2014,16(3):86-90
Huang L N, Dong Q, Zhao Y R. An empirical analysis on the input and output benefits of apple industry in Shandong [J]. *Journal of Shandong Agricultural University: Social Science Edition*, 2014, 16(3): 86-90 (in Chinese)