

陕西省苹果园土壤肥力与施肥现状评估

杨 玥¹, 同延安¹, 路永莉¹, 林 文¹, 梁 婷¹, 陈联英²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 富平县农业局, 陕西 富平 711700)

摘要: 为深入了解陕西省苹果园施肥现状及农户养分资源投入中存在的问题, 提出解决对策, 对 2005—2009 年测土配方施肥项目 21 个县的土壤数据和“3414”肥料实验数据以及农户抽样调查数据进行了统计分析, 结果表明: 陕西省苹果园土壤有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为 $12.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $56.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $18.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $151.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 与 20 世纪 80 年代相比, 分别提高了 17.8%、16.1%、168.7%、2.2%, 说明土壤肥力状况得到了改善; 苹果园化肥施用量由关中向陕北呈递减趋势, 三个生态区施肥量均表现出氮肥偏高, 磷、钾肥适中或偏低的现状, 体现了农民普遍“重氮轻磷钾”的施肥习惯; 全省苹果实际产量高低次序为关中灌区 > 陕北高原 > 渭北高原; 全省苹果园土壤养分盈亏状况总体上是氮、磷盈余, 钾亏缺, 氮素盈余 $196.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、磷素盈余 $205.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、钾素亏缺 $12 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 建议今后在苹果生产中适当增加钾肥的投入。

关键词: 陕西省; 土壤肥力; 施肥量; 苹果; 产量

中图分类号: S147.21 文献标志码: A

Evaluation on the situation of fertilization and soil fertility in apple fields in Shaanxi Province

YANG Yue¹, TONG Yan-an¹, LU Yong-li¹, LIN Wen¹, LIANG Ting¹, CHEN Lian-ying²

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Agricultural Bureau of Fuping County, Fuping, Shaanxi 711700, China)

Abstract: In order to understand the current situation of fertilization and nutrients resource input problems for farmers in apple fields in Shaanxi Province, and to put forward countermeasures to solving these problems, household survey was used to evaluate the situation by collecting data from the project of soil testing and formulated fertilization from 2005 to 2009. 21 counties and 7141 households in total were included in this study. The results showed that the contents of soil organic matter, available nitrogen, available phosphorus and available potassium in Shaanxi were $12.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $56.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $18.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $151.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. Compared with those in 1980s, the indexes were increased by 17.8%, 16.1%, 168.7% and 2.2%, respectively. This indicated that the situation of fertilization in apple fields had been improved. In addition, the application rates of chemical fertilizer from the Guanzhong irrigated area to the Loess plateau area of northern Shaanxi had decreasing trends. Overall, the current situation of household fertilization in apple fields in Shaanxi Province was that nitrogen fertilizer inputs were excessive, phosphate and potassium fertilizer inputs were reasonable or insufficient, and the yields of apple field from the Guanzhong irrigated area to the Loess plateau area had decreasing trends. The nitrogen and phosphorus surplus in Shaanxi were $196.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $205.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively, but the potassium deficiency was $12 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. Therefore, increase of potassium fertilization should be concerned for households in Shaanxi Province.

Keywords: Shaanxi Province; soil fertility; rate of fertilizer application; apple; yield

苹果是中国重要的水果种类之一, 具有很高的营养价值^[1]。2011 年, 我国苹果栽培面积达 217.6 万 hm^2 , 产量为 3 598.5 万 t, 分别占世界总面积和总

产量的 46% 和 36.7%^[2-3]。陕西省是我国苹果第一生产大省, 其苹果栽培面积和产量均占全国近 1/3, 分别为世界苹果总面积和总产量的 14.1% 和

收稿日期: 2015-07-03

基金项目: 陕西省测土配方施肥项目

作者简介: 杨 玥(1990—), 女, 西安市人, 硕士研究生, 主要从事经济作物土壤肥力评价。E-mail: 736155813@qq.com。

通信作者: 同延安。E-mail: tongyanan@nwsuaf.edu.cn。

10.7%^[4-5],对我国乃至世界苹果产业的稳定发展意义重大。陕西苹果的主产区主要分布在渭北旱塬一带的黄土高原苹果优生区,该区海拔高、昼夜温差大、土层深厚、质地疏松,土壤富含钙、硒等多种有益于健康的化学元素,成为符合7项苹果生态适宜指标的最佳区域,也是世界上公认的最大的优质苹果产区^[6]。而高产的前提就是土壤养分,土壤性状和肥力水平决定了苹果树的生长状况,而施肥种类和肥料质量又深刻影响土壤性状及土壤肥力^[7]。因此,了解陕西苹果园的土壤肥力和施肥现状,对于陕西苹果产业的发展是至关重要的,对于其他地方苹果产业发展也具有极为重要的参考价值。有关陕西省上世纪末果农施肥状况及存在问题的研究已有报道^[8-10],但基于区域尺度上的苹果园施肥状况及存在问题的研究甚少,本研究从2005—2009年果园土壤数据着手,结合农户调查,对全省苹果土壤肥力及肥料投入状况进行了评价,目的是发现农户施肥中存在的问题,提出解决问题的对策并为苹果产量的突破提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

数据来源于2005—2009年陕西省21个测土配方施肥项目县的苹果施肥调查信息。各项目县每年选取具有代表性的自然村,由农技推广人员随机选取农户进行调查,调查内容主要包括苹果品种、苹果产量、肥料品种、施肥量、施肥时期等。本文中果树为8—15年的成龄盛果期树,品种主要为红富士,还有少量秦冠、嘎啦和红星。共得到有效调查户数7141户。全省根据气候条件、种植制度等自北向南分为4个农业生态区,即陕北高原、渭北旱塬、关中灌区和陕南秦巴山区,而苹果主要分布在前三个生态区。

试验采用“3414”设计方案,即氮、磷、钾3因素,每因素4水平,共14个处理。4个水平为:0水平指不施肥,2水平指当地推荐施肥量($N\ 180\ kg\cdot hm^{-2}$ 、 $P\ 90\ kg\cdot hm^{-2}$ 、 $K\ 150\ kg\cdot hm^{-2}$),3水平为1/2推荐施肥量,4水平为3/2推荐施肥量。14个处理分别为:1) $N_0P_0K_0$, 2) $N_0P_2K_2$, 3) $N_1P_2K_2$, 4) $N_2P_0K_2$, 5) $N_2P_1K_2$, 6) $N_2P_2K_2$, 7) $N_2P_3K_2$, 8) $N_2P_2K_0$, 9) $N_2P_2K_1$, 10) $N_2P_2K_3$, 11) $N_3P_2K_2$, 12) $N_1P_1K_2$, 13) $N_1P_2K_1$, 14) $N_2P_1K_1$ 。苹果测土配方施肥项目的数据主要包括关中灌区、陕北高原、渭北旱塬农户化肥的投入和苹果地土壤有机质、pH、碱解氮、速效磷和速效钾的含量。

土壤有机质含量采用重铬酸钾外加热容量法测

定;pH用pH计测定;碱解氮含量采用碱解扩散法测定;速效磷含量采用 $0.5\ mol\cdot L^{-1}$ 碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用 $1\ mol\cdot L^{-1}$ 乙酸铵提取—火焰光度法测定^[11]。

1.2 数据处理

所有数据用Excel统计软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 苹果园土壤养分特点及与产量的关系

2.1.1 苹果园土壤养分状况 近30年来,陕西省土壤有机质含量呈上升趋势,20世纪80年代有机质平均含量为 $10.7\ g\cdot kg^{-1}$,2009年达到了 $14.3\ g\cdot kg^{-1}$ ^[12]。2012年陕西省苹果园有机质含量如图1所示。从图中可知,陕西省苹果主产区有机质平均含量为 $12.6\ g\cdot kg^{-1}$,主要集中在 $10\sim 15\ g\cdot kg^{-1}$,占72.6%, $0\sim 10\ g\cdot kg^{-1}$ 和 $20\sim 30\ g\cdot kg^{-1}$ 所占比例分别为14.8%和15.7%。陕西关中灌区苹果园土壤有机质平均含量为 $11.1\ g\cdot kg^{-1}$,主要集中在 $10\sim 20\ g\cdot kg^{-1}$,占60.0%,其次是 $0\sim 10\ g\cdot kg^{-1}$,占40%;陕北高原地区苹果园土壤有机质平均含量为 $10.1\ g\cdot kg^{-1}$,全部集中在 $0\sim 10\ g\cdot kg^{-1}$ 和 $10\sim 20\ g\cdot kg^{-1}$,分别占62.5%和37.5%;渭北旱原地区苹果土壤有机质平均含量为 $12.8\ g\cdot kg^{-1}$,主要集中在 $10\sim 20\ g\cdot kg^{-1}$,占72.6%, $0\sim 10\ g\cdot kg^{-1}$ 和 $20\sim 30\ g\cdot kg^{-1}$ 比例分别为13.7%和12.7%。整体而言,陕北高原地区土壤有机质含量偏低,较全省平均水平低约 $2.5\ g\cdot kg^{-1}$ 。因此引导农户增施有机肥是今后陕西省施肥工作的重要内容之一。

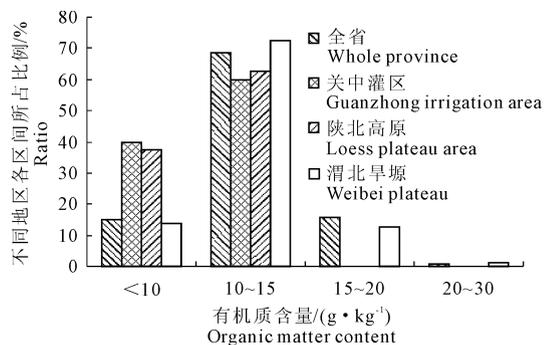


图1 全省及不同生态区土壤有机质含量频率分布
Fig.1 Soil organic matter distribution at different ecological areas in Shaanxi province

20世纪80年代,全省土壤碱解氮含量为 $49.0\ mg\cdot kg^{-1}$,2009年达到 $69.0\ mg\cdot kg^{-1}$ ^[12]。2012年陕西省苹果园碱解氮含量如图2所示。由图2可知,全省苹果园土壤碱解氮平均含量为 $56.9\ mg\cdot kg^{-1}$,主要集中在 $35\sim 55\ mg\cdot kg^{-1}$ 和 $55\sim 80\ mg\cdot kg^{-1}$,分

别占 48.4% 和 37.2%，而 0~30、80~105 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 105 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上的比例分别为 5.1%、6.8% 和 2.9%。关中灌区苹果园土壤碱解氮平均含量为 52.1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 0~30、35~55 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 55~80 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分别占 50.0%、40.0% 和 10%；陕北高原区苹果园土壤碱解氮平均含量为 32.9 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 0~30 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 30~50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分别占 64.7% 和 29.4%；渭北早原苹果园土壤碱解氮平均含量为 58.1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 35~55 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 55~80 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分别占 49.1% 和 38.2%。可以看出，全省苹果园碱解氮分布呈现自北向南递增的趋势，与全省平均水平 69.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 相比，陕北高原区苹果园碱解氮含量低 36.1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，因此，在今后的施肥工作中应提高陕北高原地区氮肥的施入。

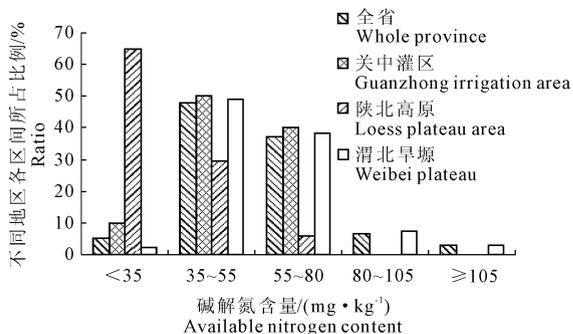


图 2 全省及不同生态区土壤碱解氮含量频率分布

Fig.2 Available nitrogen distribution at different ecological areas in Shaanxi Province

20 世纪 80 年代，陕西土壤有效磷含量为 6.7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，2009 年达到 18.5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [12]。图 3 反映当前陕西省苹果园土壤有效磷含量及分布状况。从图 3 中可知，全省苹果园土壤有效磷平均含量为 18.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 10~20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 20~40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分别占 53.3% 和 24.0%，而 0~5、5~10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上各区间分布频率分别为 2.34%、15.9% 和 4.4%。关中灌区苹果园土壤有效磷平均含量为 24.1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 10~20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 20~40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分别占 30.0% 和 60.0%；陕北高原区苹果园土壤有效磷平均含量为 8.9 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 5~10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，占 91.7%；渭北早原区苹果园土壤有效磷平均含量为 18.5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 10~20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 20~40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分别占 56.6% 和 24.6%。总体而言，只有关中灌区土壤有效磷含量高于全省平均水平，而陕北高原苹果园土壤有效磷含量最低，因此在今后的施肥工作中应适当的提高陕北高原地区磷肥的投入。

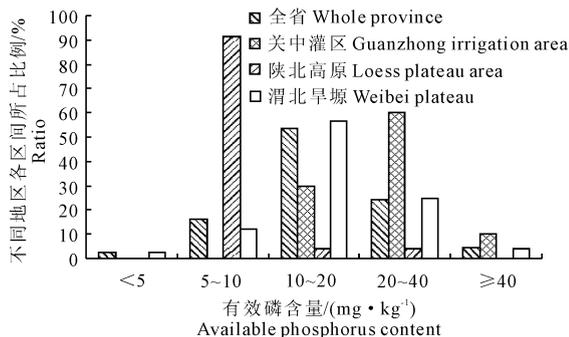


图 3 全省及不同生态区土壤有效磷含量频率分布

Fig.3 Available phosphorus distribution at different ecological areas in Shaanxi Province

从 20 世纪 80 年代到 2009 年，陕西土壤速效钾含量略有上升，其含量由 139.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 增至为 148.4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，增加了 9.4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [12]。2012 年陕西省苹果园含量如图 4 所示，由图 4 可知，全省苹果园土壤速效钾平均含量为 151.6 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 60~120、120~180 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 180~240 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，各区间所占比例分别为 33.0%、37.5% 和 18.8%。关中灌区苹果园土壤速效钾平均含量为 203.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 180~240 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，占 36.4%，120~180 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 240 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上两区间均占 27.3%；陕北高原区苹果园土壤速效钾平均含量为 110.4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 60~120 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 120~180 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分别占 57.1% 和 38.1%；渭北早原区苹果园土壤速效钾平均含量为 152.6 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，主要集中在 60~120 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 120~180 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，分别为 30.8% 和 40.6%。可以看出，关中平原区和渭北早原区苹果园土壤速效钾含量均高于全省平均水平，其中关中平原区果园土壤速效钾含量最高，而陕北高原区果园速效钾含量远低于全省平均含量，因此要注重改善陕北高原地区的钾肥投入量。

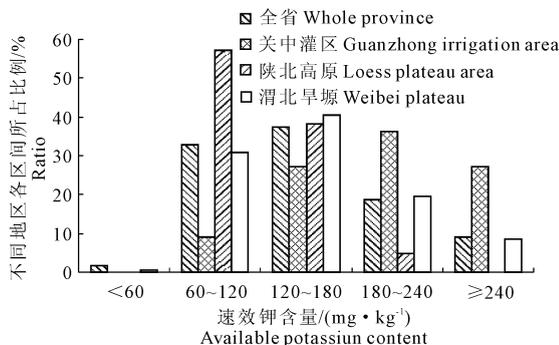


图 4 全省及不同生态区土壤速效钾含量频率分布

Fig.4 Available potassium distribution at different ecological areas in Shaanxi Province

图 5 所示，陕西省苹果园土壤 pH 平均值为 8.1，

主要集中在 8.0~8.5 之间,占 85.1%。关中灌区苹果园土壤 pH 平均值为 8.2,主要集中在 7.5~8.5,其中 7.5~8 和 8~8.5 区间分别占 27.3% 和 45.5%;陕北高原区苹果园土壤 pH 平均值为 8.2,主要集中在 8.0~8.5 之间,占 92.38%;渭北旱原区苹果园土壤 pH 平均值均为 8.1,主要集中在 8.0~8.5 之间,占 84.2%。可以看出,陕西省苹果种植区主要分布在中性偏碱性土壤上,各种植区均集中在土壤 pH 值 8.0~8.5。

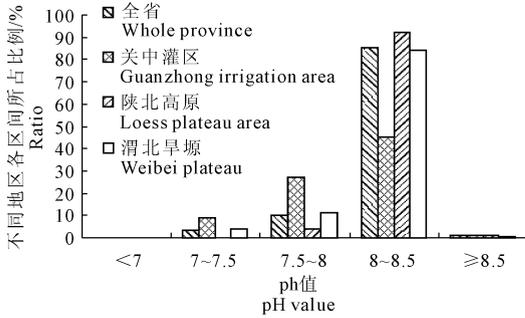


图5 全省及不同生态区土壤 pH 值频率分布
Fig.5 pH value distribution at different ecological areas in Shaanxi province

2.1.2 苹果园土壤性质与产量的关系 陕西省苹果种植产业主要集中在渭北旱原区,占全省种植比例的 84.3%^[13]。为此,以渭北旱原为例,探讨土壤性质与苹果产量的关系,采用渭北旱原区苹果园土壤性质与“3414 试验”中无肥区(即对照区)产量拟合方程,获得其土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾和 pH 与苹果产量的相关关系(如图 6~图 10)。由于采样点广泛并且庞大,导致数据较分散,差异不显著。但还是可以从图中看出,苹果产量在一定范围内随土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾的提高有上升趋势。而随着土壤 pH 的提高,苹果产量略有下降,pH 稳定在 7.5~8.5 之间,有利于苹果的正常生长。因此,维持并不断提高土壤基础养分含量对提高苹果产量具有重要的意义和作用。

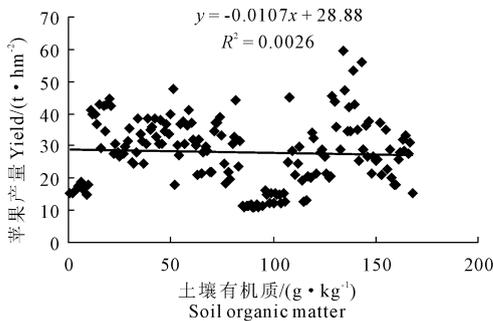


图6 土壤有机质与苹果产量的关系

Fig.6 Relationship between yield and soil organic matter

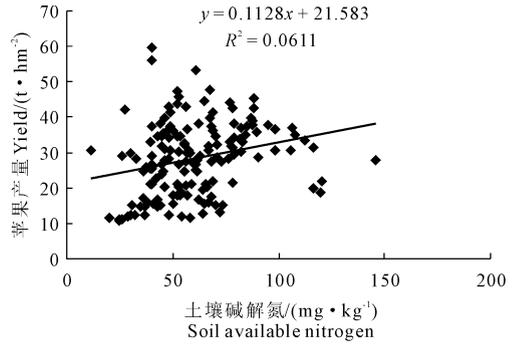


图7 土壤碱解氮与苹果产量的关系

Fig.7 Relationship between yield and available nitrogen

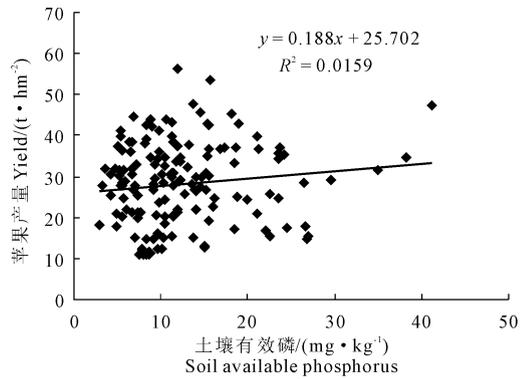


图8 土壤有效磷与苹果产量的关系

Fig.8 Relationship between yield and available phosphorus

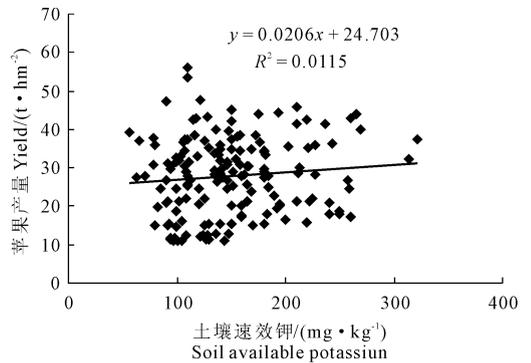


图9 土壤速效钾与苹果产量的关系

Fig.9 Relationship b yield and available potassium

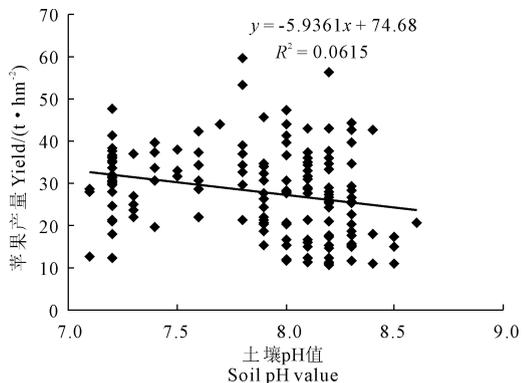


图10 土壤 pH 与苹果产量的关系

Fig.10 Relationship between yield and soil pH

2.2 苹果园肥料投入与产量的关系

2.2.1 苹果园肥料投入对产量的影响 2012 年陕西省苹果园养分投入与产量的关系如图 11~图 13。对挑选出的不同地区的 600 个数据进行分析。从图中可以看出,苹果产量分别与氮、磷、钾肥施用量呈一定相关关系。当施氮量、施磷量、施钾量分别为 390、290、383 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,苹果的产量达到最大值。

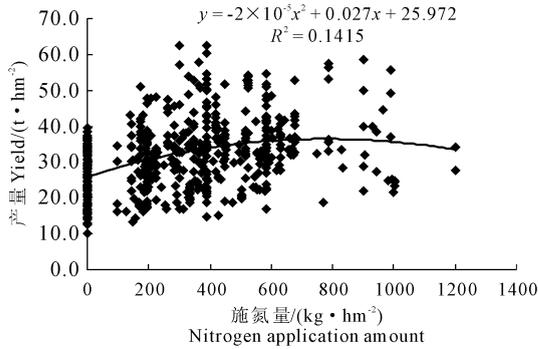


图 11 氮肥投入与苹果产量关系

Fig. 11 Relationship between yield and N application

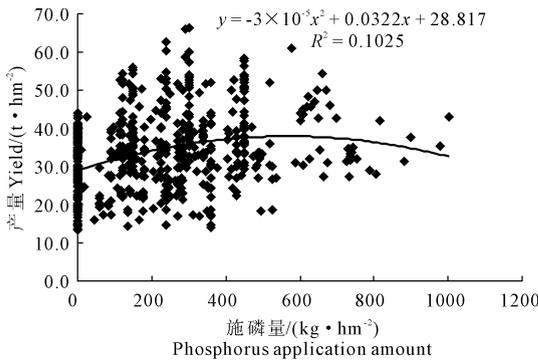


图 12 磷肥投入与苹果产量关系

Fig. 12 Relationship between yield and P_2O_5 application

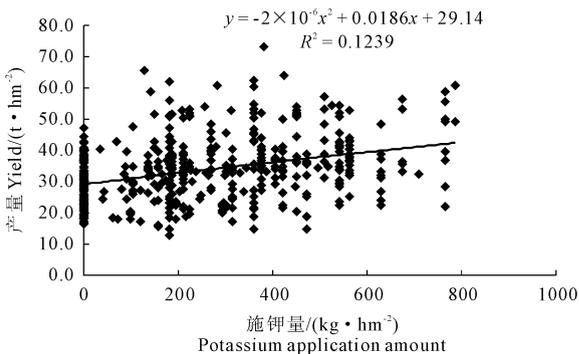


图 13 钾肥投入与苹果产量关系

Fig. 13 Relationship between yield and K_2O application

从上述拟合曲线来看,相关系数较低,差异不显著。相同施肥量有不同产量,而实际影响产量的因素不仅是施肥量。原因可能由于采样地区的不同,

各个地区气候条件、土壤状况、管理措施不尽相同,都会造成产量的差异。因此,将各个施肥量进行分组,每组中最大的产量与其对应的施肥量进行拟合,从图 14~图 16 可看出,苹果产量分别与氮、磷、钾肥施用量呈显著相关性。从拟合曲线来看,随着化肥(氮、磷、钾肥)用量的不断增加,苹果产量呈先增加后不增加甚至减低的趋势,这完全符合报酬递减规律。

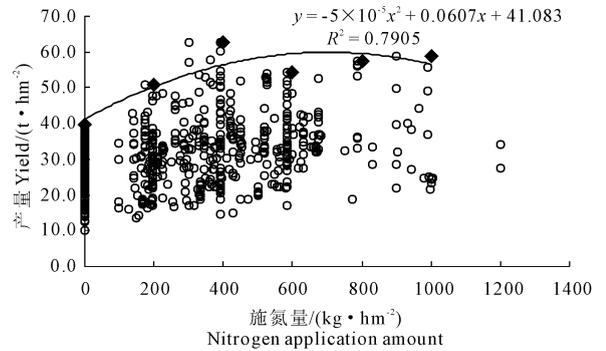


图 14 苹果最大产量与对应施氮量关系

Fig. 14 Relationship between maximum yield with N application

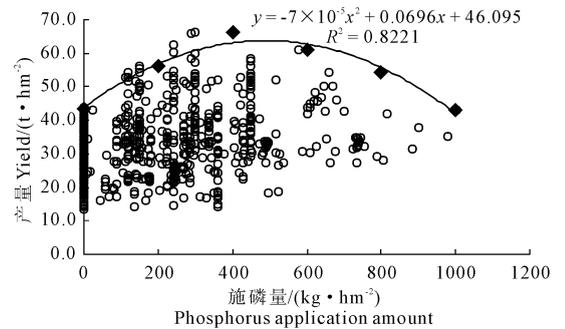


图 15 苹果最大产量与对应施磷量关系

Fig. 15 Relationship between maximum yield with P_2O_5 application

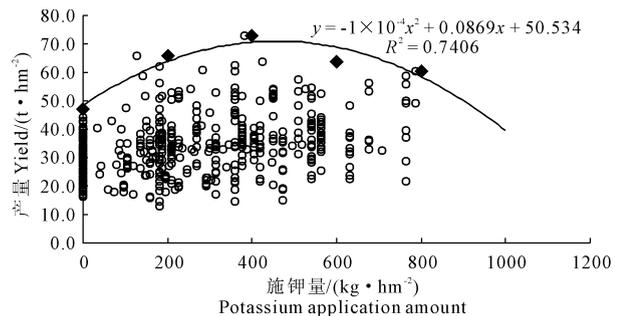


图 16 苹果最大产量与对应施钾量关系

Fig. 16 Relationship between maximum yield with K_2O application

2.2.2 肥料投入与养分平衡 全省苹果园土壤养分盈亏状况总体上是氮、磷盈余,钾亏缺(见图 17)。氮素盈余 $196.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、磷素盈余 $205.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、钾素亏缺 $12 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。不同生态区果园养分盈余有

所不同,陕北高原区果园土壤氮、磷素盈余,盈余量分别为 $112.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,钾素亏缺量高达 $193.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;渭北旱原区苹果园土壤氮、磷素盈余,盈余量分别为 $199.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $202.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,钾素亏缺 $43.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;关中灌区苹果园土壤氮、磷素盈余量分别为 $282 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $267 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,而钾素亏缺量为 $21 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

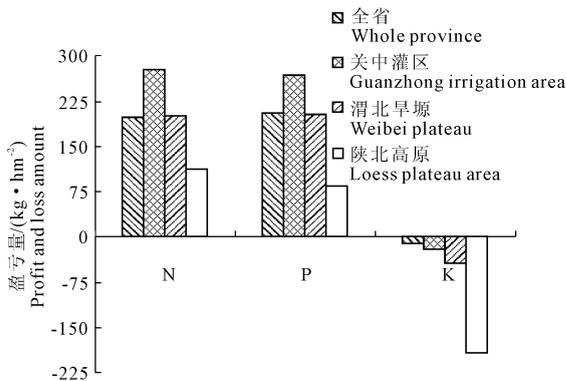


图 17 全省及不同生态区土壤养分(N、P、K)盈亏量
Fig.17 Amount of surplus and deficit of N, P and K at different ecological areas in Shaanxi province

3 讨论

对陕西省苹果园土壤肥力调查和分析表明,从渭北旱原、关中灌区到陕北高原地区,有机质和碱解氮含量呈递减趋势;速效磷和速效钾含量表现为关中灌区 > 渭北旱原 > 陕北高原地区。刘子龙等^[14]通过对陕西苹果主产区 15 个基地县丰产果园的抽样调查表明,陕西苹果主产区丰产果园土壤有机质含量相对较高,大部分果园土壤中的速效氮含量偏低。李军民等^[7]调查发现,洛川县果园化肥施用量差异较大,施肥不足与过量施肥现象并存,施肥量掌握适宜的果农约占总数的 40% ~ 50%,总体上化肥施用次数少,施肥时间不尽合理。王小英等^[12]研究发现,陕西省果农施肥的重点是增加有机肥投入,大幅度降低氮肥投入和合理施用磷肥。本研究结果表明,关中灌区果园氮、磷及钾的投入量均偏高,占全省比例分别为 78.1%、64.8% 和 70.8%;陕北高原地区,土壤有效磷含量仅为 $8.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含量偏低,果园钾肥投入严重不足,在全省比例达到了 84.0%;渭北旱原地区,虽然土壤有效磷和速效钾含量相对较高,但土壤碱解氮含量偏低,可能造成在果实膨大期氮素供应不足,影响苹果生长和产量。

尽管一些学者^[15]已得出氮、磷、钾配合使用能增加产量,提高肥料利用率,还能减少环境污染的结论,但陕西苹果园施肥仍以氮、磷为主。从养分平衡

来看,全省苹果园土壤氮磷盈余,钾亏缺。就氮素而言,国外果园一般每公顷年施纯氮 100 ~ 150 kg,而国内的高产果园一般每公顷施纯氮在 400 kg 以上^[16]。刘汝亮^[17]研究认为我国苹果品质差的原因之一是因为化肥的过量施用,尤其是氮肥的过量施用和微量元素的缺乏。又因为管理粗放,栽培水平普遍较低,果农缺乏对苹果合理施肥的深入了解,提高肥料利用率,合理适时施肥成为果园施肥管理的重要目标^[18]。从本研究结果看,土壤氮素含量不宜继续提高,应当控制氮肥施用量;卢树昌等^[19]研究发现,果园土壤磷过量投入存在较大的潜在环境风险,对土壤环境和周围水体造成很大威胁。本试验结果表明,陕西省苹果园磷肥投入过量与不足并存,如果磷肥施用不足的农户将磷肥投入增加到合理水平,将会增加全省苹果产量;有试验指出^[20],钾肥的 60% ~ 70% 应在果实膨大前追肥,而果农几乎不追钾肥。本试验结果表明,陕西省苹果园地区土壤钾含量较为丰富,为了不使土壤钾含量下降,应当适当施用钾肥,施用量控制在作物带走多少施用多少为宜。陕北高原区钾肥含量应提高。按照平衡计算,由于长期以来钾肥施用量偏少,作物带走量超过了施用量,所以土壤钾素亏缺。但土壤测定结果表明,陕西省土壤速效钾含量略有上升,含量由 20 世纪 80 年代的 $139.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增至为 2005—2009 年的 $148.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,增加了 $9.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。可能原因是由于土壤缓效钾十分丰富,在土壤耕作、风化过程中,缓效钾会不断转化为速效钾。具体原因有待进一步研究。

合理施肥不仅能够促进苹果对养分的吸收,而且显著增加苹果的产量。所以,在增加陕西省苹果产量的过程中,不能一味只是增加肥料投入,而应当适当减少氮肥投入,平衡磷钾肥投入,并配施有机肥^[21]。

参考文献:

- [1] 张玉星. 果树栽培学总论(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 李春霞, 李宏飞. 我国苹果产业现状、问题及对策[J]. 北方果树, 2006, (4): 41-43.
- [3] 中国国家统计局. 中国统计年鉴[EB/OL]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/2011>.
- [4] 陕西省统计局. 2011. 陕西果业公报[EB/OL]. [Http://www.shaanxi.gov.cn/0/1/65/365/370/141148.htm](http://www.shaanxi.gov.cn/0/1/65/365/370/141148.htm).
- [5] 世界粮农组织 FAO. 世界农业统计[EB/OL]. <http://www.fao.org/corp/statistics/en/2011>.
- [6] 曾艳娟. 施肥对陕西红富士苹果产量和品质的影响[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2011.

- binding[J]. *Cellulose*, 2014, 21(1):221-235.
- [15] V. P. Klimenko, V. M. Kosolapov. Ensiling high - protein perennial grasses using enzyme preparations[J]. *Russian Agricultural Sciences*, 2014, 40(1):35-38.
- [16] N. Ya. Shmyreva, O. A. Sokolov, A. A. Zavalin. Features of nitrogen microorganism assimilation of perennial grasses phytomass in soils of a different degree of erosion[J]. *Russian Agricultural Sciences*, 2014, 40(4):271-274.
- [17] 刘富庭,张林森,李雪薇,等.生草对渭北旱地苹果园土壤有机碳组分及微生物的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2014, 20(2):355-363.
- [18] 焦奎宝.生草制苹果园土壤微生物群落结构与功能特征研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2014.
- [19] 钱进芳,吴家森,黄坚钦.生草栽培对山核桃林地土壤养分及微生物多样性的影响[J]. *生态学报*, 2014, 34(15):4324-4332.
- [20] 吴家森,张金池,钱进芳,等.生草提高山核桃林土壤有机碳含量及微生物功能多样性[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(20):111-117.
- [21] 司鹏,乔宪生.清耕和生草对沙地葡萄园土壤酶活性的空间影响[J]. *果树学报*, 2014, 31(2):238-244.
- [22] 贾曼莉,郭宏,李会科.渭北生草果园土壤有机碳矿化及其与土壤酶活性的关系[J]. *环境科学*, 2014, 35(7):2777-2784.
- [23] 王艳廷,冀晓昊,张艳敏,等.自然生草对黄河三角洲梨园土壤物理性状及微生物多样性影响[J]. *生态学报*, 2015, 35(16):1-16.
- [24] 田常杰,李岩,王智华.银杏园生草对土壤理化性状及酶活性的影响[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(5):321-323.
- [25] S. W. Culman, S. T. DuPont, J. D. Glover, et al. Long-term impacts of high-input annual cropping and unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs in Kansas, USA[J]. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 2009, 137(1):13-24.
- [26] 陈新燕,孙霞,柴仲平,等.不同土壤管理方式对南疆梨园土壤性质的影响[J]. *陕西农业科学*, 2014, 60(4):16-19, 31.
- [27] 高小叶,张兴兴,朱建国,等.生草栽培对果园面源污染的控制:三种牧草的比较研究[J]. *草业学报*, 2015, 24(2):49-54.
- [28] 李发林,郑域茹,郑涛,等.果园带状生草对果园面源污染的控制效果[J]. *水土保持学报*, 2013, 27(3):82-89.
- [29] Marc Duchemin, Richard Hogue. Reduction in agricultural non-point source pollution in the first year following establishment of an integrated grass/tree filter strip system in southern Quebec (Canada)[J]. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 2008, 131(1):85-97.
- [30] 郑伟尉,徐凯,刘兴泉,等.自然生草对梨园小气候生态因子和果实品质的影响研究[J]. *中国南方果树*, 2013, 42(5):28-32.
- [31] 张玉岱.生草对渭北苹果园土壤有机碳的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [32] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:33-34.
- [33] 王英俊.生草对渭北苹果园土壤团聚体及其有机C、N的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [34] 吴晓荣,叶祥盛,赵竹青.流动注射法与凯氏定氮法测定土壤全氮的比较[J]. *华中农业大学学报*, 2009, 28(5):560-563.
- [35] 张建民,王猛,葛晓萍,等.ICP-AES法与传统FAAS法测定土壤速效钾和钠的数据可转换性研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2009, 29(5):1405-1408.
- [36] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [37] 刘晚荷,李良贤,谢海容,等.土壤容重对野生香根草幼苗根系形态及其生物量的影响[J]. *草业学报*, 2015, 24(4):214-220.
- [38] 胡小平,王长发.SAS基础及统计实例教程[M].西安:西安地图出版社,2001.
- [39] 安韶山,黄懿梅,刘梦云.宁南山区土壤酶活性特征及其与肥力因子的关系[J]. *中国生态农业学报*, 2007, 15(5):55-58.

(上接第171页)

- [7] 李军民,王建锋.陕西洛川苹果园土壤肥力与施肥状况调查[J]. *西北园艺*, 2011, (10):45-47.
- [8] 隋鹏飞,史进元,李文祥.陕西省红富士苹果园施肥调查[J]. *土壤肥料*, 1995, (1):35-37.
- [9] 刘侯俊,巨晓棠,同延安,等.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.
- [10] 王圣瑞,马文奇,徐文华,等.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.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析(第三版)[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [12] 王小英,同延安,等.陕西省苹果施肥状况评价[J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(1):206-213.
- [13] 王雷存,辛永军.金世纪苹果在陕西渭北旱原地区引种栽培[J]. *北方园艺*, 2012, (7):42-43.
- [14] 刘子龙,张广军.陕西苹果主产区丰产果园土壤养分状况的调查[J]. *西北林学院学报*, 2006, 21(2):50-53.
- [15] 朴顺姬,朴宇,朱虎烈,等.不同氮磷钾比例对苹果梨品质的影响[J]. *吉林农业科学*, 2002, 27(2):30-34.
- [16] 彭福田.氮素对苹果果实发育与产量、品质的调控[D].泰安:山东农业大学,2001.
- [17] 刘汝亮.苹果园养分资源综合管理技术研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [18] 赵佐平.施肥对渭北旱塬富士苹果产量及品质的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [19] 卢树昌,陈清,张福锁,等.河北果园主分布区土壤磷素投入特点及磷负荷风险分析[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(10):3149-3157.
- [20] Haynes R J. Origin, distribution, and cycling of nitrogen in terrestrial ecosystems[C]//Haynes R J. *Mineral nitrogen in the plant-soil system*. New York: Academic Press Inc, 1986:46-51.
- [21] 赵佐平,同延安.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.