

直湖港小流域水蜜桃园土壤养分调查与分析

刘之广^{1,2}, 程冬冬^{1,2}, 申天琳^{1,2}, 杨立平³, 张 民¹, 王慎强⁴, 陈宝成^{1,2*}

(1. 土壤资源高效利用国家工程实验室, 山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 功能性生物肥料国家地方联合工程实验室, 山东 泰安 271018; 3. 泰山职业技术学院, 山东 泰安 271000; 4. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘 要: 为了评价太湖地区直湖港小流域水蜜桃园土壤肥力状况, 指导科学施肥, 以直湖港小流域内 4 个乡镇为研究区域, 采集该地区典型水蜜桃园土壤样本, 对其主要理化性质进行了调查研究。结果表明: (1) 直湖港小流域水蜜桃园耕层土壤酸化严重, 88.0% 的地块 pH 值介于 3.4~5.4, 其中 33.7% 的地块呈强酸性; (2) 耕层土壤电导率平均值为 $317.6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, 变异系数 63.4%, 其中 11.7% 超过了作物生育障碍的临界点; (3) 该地区粘粒含量随着土壤深度的加深有逐渐增加的趋势, 66.7% 的耕层土壤为粉质壤土, 20~60 cm 土壤质地偏粘, 影响水分下渗和桃树根系下扎; (4) 耕层土壤有机质、全氮、全磷、有效磷、有效钾含量高, 平均分别为 37.7、2.5、0.6、0.3、0.6 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 上述指标分别有 40.7%、75.8%、13.7%、92.3% 和 90.4% 的地块高于全国第二次土壤普查分级的标准中很丰富的最高级别。研发并施用水蜜桃专用控释复合肥, 合理配施有机肥料并适当增加施肥深度, 可以保证太湖地区直湖港小流域水蜜桃园节肥高效稳产, 减缓土壤酸化和周边水体富营养化污染等环境压力。

关键词: 直湖港小流域; 水蜜桃园; 土壤肥力

中图分类号: S158.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2016)06-0525-08

doi: 10.13254/j.jare.2016.0101

引用格式:

刘之广, 程冬冬, 申天琳, 等. 直湖港小流域水蜜桃园土壤养分调查与分析[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(6): 525-532.

LIU Zhi-guang, CHENG Dong-dong, SHEN Tian-lin, et al. Investigation of Soil Nutrients in Juicy Peach Orchards in the Watershed of Zhihu Harbor, China[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2016, 33(5): 525-532.

Investigation of Soil Nutrients in Juicy Peach Orchards in the Watershed of Zhihu Harbor, China

LIU Zhi-guang^{1,2}, CHENG Dong-dong^{1,2}, SHEN Tian-lin^{1,2}, YANG Li-ping³, ZHANG Min¹, WANG Shen-qiang⁴, CHEN Bao-cheng^{1,2*}

(1. National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 2. National and Local Joint Functional Bio-fertilizer Engineering Laboratory, Tai'an 271018, China; 3. Taishan Polytechnic, Tai'an 271000, China; 4. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008, China)

Abstract: In order to evaluate soil fertility and guide scientific fertilization in juicy peach orchards in Zhihu Harbor watershed of Tai Lake region, soil samples in four towns were collected for the analysis of soil physical and chemical properties. The results showed that soil acidification existed in 88.0% of research area in the watershed of Zhihu Harbor with pH from 3.4 to 5.4 and strong soil acidification was over 33.7%. The average value of electrical conductivity in plow layer soils was $317.6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ with the variable coefficient at 63.40%, and it was above the critical value of plant inbred electrical conductivity barrier in 11.7% of the research area. The soil clay content increased with the soil depth. 66.7% silt loam was in the plow layer soil in total cultivated area. Similar clay soil in 20~60 cm soil layer affected the penetrations of root and leakage water. The average value of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available phosphorus, and available potassium in the plow layer soil were 37.7, 2.5, 0.6, 0.3 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and 0.6 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectively. In addition, 40.7%, 75.8%, 13.7%, 92.3% and 90.4% of research area were above the value of highest soil fertility standard in the 2nd National Soil Survey for soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available phosphorus, and available potassium, respectively. It is necessary to develop special controlled release compound fertilizers, and to apply organic fertilizers with a deeper application to reduce the risk of eutrophication pollution and soil acidification while maintaining the fruit production in peach orchards in the watershed of Zhihu Harbor.

Keywords: watershed of Zhihu Harbor; juicy peach orchard; soil fertility

收稿日期: 2016-04-18

基金项目: 农业部“948”重点项目(2011-G30); 史丹利功能性生物肥料基金(380075, 380076, 380178); 土壤资源高效利用国家工程实验室联合研发基金(380123)

作者简介: 刘之广(1987—), 男, 山东烟台人, 博士, 实验师, 从事土壤质量评价及新型肥料研制工作。E-mail: liuzhiguang8235126@126.com

* 通信作者: 陈宝成 E-mail: bcch108205@163.com

太湖流域是我国水体富营养化最严重的地区之一,夏季蓝藻水华频发^[1]。国家水专项课题对太湖流域污染负荷来源的分析表明,总氮和总磷在农村面源污染所占的比重分别约为 58% 和 40%,远远超过来自工业和城市生活的点源污染,其中该地区种植业污染对太湖总氮和总磷的贡献率分别为 29% 和 19%^[2]。入湖河流小流域农业面源污染直接影响湖泊的整体水质状况。直湖港地区是重要入太湖小流域之一,东濒锡西水网地区、西连武进港、南接太湖梅梁湾、北通江南运河,位于无锡、常州两市交界处。2007 年人口达 39.9 万人,农业种植面积 0.73 万 hm^2 ,水蜜桃生产是该地区的支柱产业之一,仅阳山镇种植面积就达 1 400 hm^2 ^[3-4]。

集约化、高投入是直湖港小流域水蜜桃园的种植特点,长期的有机无机配施提高了其土壤肥力。同时该地区水蜜桃生产上存在养分管理水平低,重施氮肥,不合理施用畜禽有机肥,盲目增施钾肥及水肥管理不当等问题,肥料利用率较低,土壤养分盈余^[5];另外该地区水蜜桃园的分布大多靠近河道水体,氮、磷污染物输入入河的路途短,使得水蜜桃园地成为该地区重要的面源污染来源之一^[6]。

因水蜜桃种植经济效益高,其种植面积逐年扩大,新增桃园主要由稻田改种而来^[7],因土地利用方式和施肥制度的根本性改变,其土壤养分状况发生了较大的变化,由于缺乏基础调查和研究,目前对这些变化的程度并不明了。因此,有必要对该地区水蜜桃园土壤基础理化性质开展调研。本研究于 2012 年以直湖港小流域内 4 个乡镇为研究区域,采集 99 个典型水蜜桃园地块土壤,对其 pH 值、电导率、土壤质地、有机质、全氮、全磷、有效磷、速效钾进行了测定和分析。研究结果为该地区农民合理施肥提供依据,同时对该地区水环境综合治理,减少农业面源污染也有积极的参考价值。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的采集

调查区域属湿润的北亚热带气候,多年平均气温 15~17 $^{\circ}\text{C}$,平均降雨量 1 177 mm,其中 60% 的降雨集

中在 5—9 月,且年际变化较大^[8]。调查取样涉及直湖港小流域江苏省无锡市阳山镇、胡埭镇、马山镇及常州市雪堰镇等 4 个乡镇的主要水蜜桃种植区的 99 个水蜜桃园,覆盖桃园 0.14 万 hm^2 ,涵盖地域面积 200 km^2 ,平均每个点位代表面积 14 hm^2 。采样前,根据当地土地利用方式图和行政单元设计采样单元,采样时,在每个采样单元的相对中心位置的在地块采样,采用 GPS 定位,按照随机、等量和 5 点混合的原则取样。土壤样品采集于当地桃农习惯环状施肥区,即距树干 80~100 cm 处,每个测定土样随机采集 5 株桃树,混匀后采用四分法最后保留 1 kg 土样用于分析化验;土样取样深度分别为 0~20、20~40、40~60 cm,共采集 99 个调查点的 297 个土壤样品。土样取回后自然风干,按要求磨细过筛待测。

1.2 测定指标及分析方法

供试土壤 pH 值采用 2.5:1 水土比,酸度计(Sartorius PB-10,德国)测定;土壤电导率(EC 值)采用 5:1 水土比,电导率仪(雷磁 DDSJ-308A,上海)测定;土壤全氮用浓硫酸消煮凯氏蒸馏定氮法测定;土壤全磷含量使用 $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ 法测定;土壤有效磷含量采用碳酸氢钠浸提,钼锑抗比色法(Olsen 法)测定;土壤速效钾含量采用醋酸铵溶液浸提,火焰光度法测定;土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法-外加热法测定^[9];土壤质地(美国制)使用微吸管法测定。

试验数据分析与作图均采用 Excel 2003 软件完成。

1.3 土壤养分分级标准

土壤养分分级标准依照全国第二次土壤普查土壤 pH 值(表 1)及各项土壤肥力指标的等级范围分级(表 2)划分,并对该地区土壤肥力状况进行分析。

2 结果与分析

2.1 直湖港小流域水蜜桃园土壤 pH 值

土壤 pH 值大小反应土壤酸碱程度,是土壤的重要化学性质之一,对土壤微生物的活性、矿物质和有机质分解起着重要作用,影响土壤养分元素的释放、固定和迁移等。直湖港小流域桃园土壤 pH 值在中性至强酸性之间,微酸性至酸性之间的土壤所占比例较大,

表 1 全国第二次土壤普查土壤 pH 分级

Table 1 Classification standard of soil pH posed by the 2nd National Soil Survey

pH	<4.5	4.5~5.5	5.5~6.5	6.5~7.5	7.5~8.5	>8.5
pH 分级 pH Classification	强酸性	酸性	微酸性	中性	微碱性	碱性

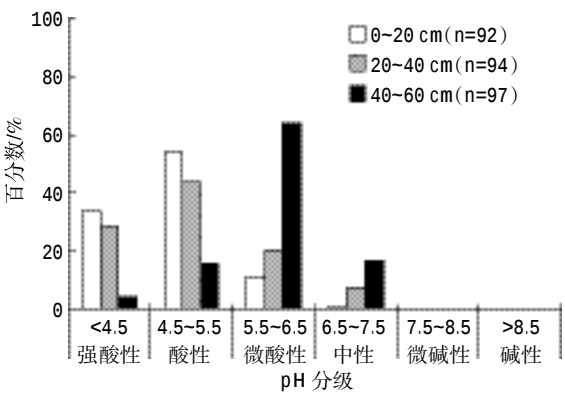
表 2 全国第二次土壤普查分级标准
Table 2 Classification standards of soil fertility posed by the 2nd National Soil Survey

分级 Classification	全氮 Total nitrogen/g·kg ⁻¹	有机质 Organic matter/g·kg ⁻¹	有效磷 Available phosphorus/mg·kg ⁻¹	全磷 Total phosphorus/g·kg ⁻¹	速效钾 Available potassium/mg·kg ⁻¹
很丰富	>2	>40	>40	>1.0	>200
丰富	1.5~2.0	30~40	20~40	0.8~1.0	150~200
最适宜	1.0~1.5	20~30	10~20	0.6~0.8	100~150
适宜	0.75~1.0	10~20	5~10	0.4~0.6	50~100
缺乏	0.5~0.75	6~10	3~5	0.2~0.4	30~50
很缺乏	<0.5	<6	<3	<0.2	<30

另外土壤 pH 值随着土壤深度的加深逐渐降低,表层(0~20 cm)土壤 pH 值在 3.40~7.27 之间,平均值 4.81,呈酸性;20~40 cm 土壤 pH 值在 3.45~7.40 之间,平均值 5.10,呈酸性;40~60 cm 土壤 pH 值在 3.75~7.19 之间,平均值 5.97,呈微酸性(表 3)。当土壤 pH<5.5 时,土壤矿物结构中的有机络合态锰铝等容易被活化,当土壤游离铝离子超过 0.2 cmol·kg⁻¹ 土时或交换性锰达到 2~9 cmol·kg⁻¹ 土时作物会受到毒害^[10]。直湖港小流域水蜜桃桃园有 88% 的地块耕层土壤 pH<5.5,20~40 cm 深度土壤的比例为 72.3%(图 1)。这是由于该地区降水量大且集中,土壤淋溶作用强烈,钙、镁、钾等碱性盐基大量流失,加上长期的不合理施肥,使得土壤酸性较强,对适合在中性至微酸性土壤上生长的水蜜桃树会产生一定程度的影响。

2.2 直湖港小流域水蜜桃园土壤 EC 值

土壤 EC 值大小可以反应土壤可溶性盐浓度和速效养分多少。直湖港小流域桃园 0~20 cm 土壤 EC 值在 77.7~1 353.0 μS·cm⁻¹ 之间,20~40 cm 土壤 EC 值在 94.8~1 131.0 μS·cm⁻¹ 之间,40~60 cm 土壤 EC 值在 35.7~558.0 μS·cm⁻¹ 之间,随着土壤深度的加深有逐渐降低的趋势,表层(0~20 cm)土壤 EC 平均值为 317.6 μS·cm⁻¹,变异系数 63.4%;20~40 cm 土壤 EC 平均值 252.8 μS·cm⁻¹,变异系数 58.9%;40~60 cm 土壤 EC 平均值 247.2 μS·cm⁻¹,变异系数 47.0%(表 4)。500 μS·cm⁻¹ 是作物生育障碍的临界点,高浓度的



部分样品遗失、数据异常或未测定,因此统计的样品数低于实际取样数。下同
Statistical sample sizes were lesser than actual sampling numbers for the reasons of loss, data exception, or non-test. The same below

图 1 土壤 pH 分级情况
Figure 1 pH classification of tested peach orchard soils

可溶性盐类会导致植物受到损伤或者造成植物根系的死亡^[11],该地区 0~20、20~40、40~60 cm 土壤 EC 值分别已有 11.7%、5.2%和 4.1%的地块已超出这一临界值,表明部分水蜜桃园土壤存在次生盐渍化现象。

2.3 直湖港小流域水蜜桃园土壤粘粒含量和土壤质地

土壤粘粒是土壤具有众多物理、化学性质的根源,是土壤中最活跃的矿物组分,土壤质地是土壤重要的物理性质,影响土壤多方面的性质和作物生长^[10]。直湖港小流域桃园土壤粘粒含量随着土壤深度的加

表 3 直湖港小流域水蜜桃园土壤 pH 值
Table 3 Soil pH of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

土层 Soil depth/cm	样品数 *Sample sizes	变幅 Range	平均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数 Variable coefficient/%
0~20	92	3.40~7.27	4.81	0.69	14.4
20~40	94	3.45~7.40	5.10	0.87	17.0
40~60	97	3.75~7.19	5.97	0.66	11.0

注: * 部分样品遗失、数据异常或未测定,因此统计的样品数低于实际取样数。下同。
Note: *Statistical sample sizes were lesser than actual sampling numbers for the reason of loss, data exception, or non-test. The same below.

表 4 直湖港小流域水蜜桃园土壤 EC 值

Table 4 Soil EC of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

土层 Soil depth/cm	样品数 Sample sizes	变幅 Range/ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	平均值 Average/ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	标准差 Standard deviation/ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	变异系数 Variable coefficient/%
0~20	94	77.7~1 353.0	317.6	201.3	63.4
20~40	97	94.8~1 131.0	252.8	148.9	58.9
40~60	97	35.7~558.0	247.2	116.3	47.0

深有逐渐增加的趋势,耕层土壤粘粒、粉粒、砂粒含量平均值分别为 24.5%、9.3%、66.2%,变异系数分别为 20.9%、39.1%、6.0%;20~40 cm 平均值分别为 32.5%、4.5%、63.0%,变异系数分别为 17.2%、35.4%、8.3%;40~60 cm 平均值分别为 31.2%、4.0%、64.8%,变异系数分别为 20.5%、37.0%、9.7%(表 5)。直湖港小流域桃园 0~20 cm 土壤为粉质土,主要为粉砂壤土,所占比重为 66.7%,其次为粉质粘壤土。20~60 cm 深度土壤偏粘,主要为粉质粘壤土,其次分别为粉质壤土和粉质粘土(图 2)。粘质土壤具有紧实粘结的固相骨架,有大量非活性孔阻止毛细管水移动,影响水分下渗和桃树根系下伸,调查结果显示该地区水蜜桃树根系主要分布在 0~30 cm 土层,水蜜桃果树适合的土壤质地为砂壤土,因此该地区较粘土壤质地对水蜜桃树的生长会产生不良影响,需要增加秸秆等有机肥的施用深度,改善土壤质地和物理性质。

2.4 直湖港小流域水蜜桃园土壤有机质和全氮

土壤有机质是衡量土壤肥力的重要指标之一,可以改良土壤结构,改善土壤通气性和透水性,其胶体特性使其具有较强的阳离子交换能力和吸附性能,因而土壤有机质具有保肥和缓冲性能,对土壤物理、化学和生物性质都有着深刻的影响^[10]。直湖港小流域桃园土壤有机质含量随着土壤深度的增加而逐渐降低,耕层土壤有机质含量最高达 $69.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均含量 $37.7\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,变异系数为 27.7%,20~40、40~60 cm 土壤平均值分别为 20.2 、 $9.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,变异系数分别为

表 5 直湖港小流域水蜜桃园土壤颗粒组成

Table 5 Soil particle composition of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

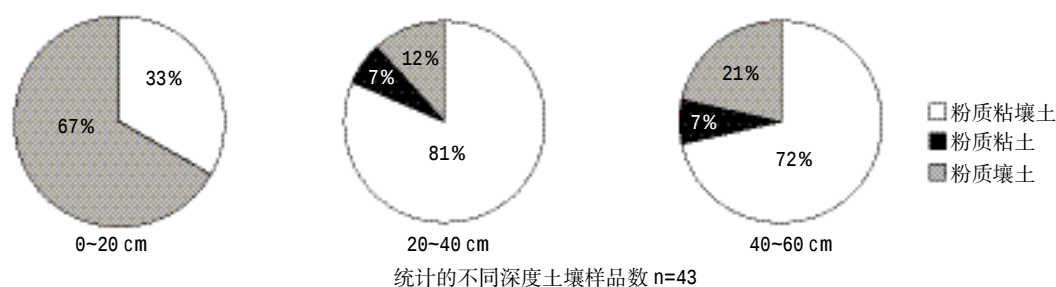
土壤颗粒	土层 Soil depth/ cm	变幅 Range/ %	平均值 Average/ %	标准差 Standard deviation/%	变异系数 Variable coefficient/%
粘粒	0~20	11.8~33.0	24.5	5.1	20.9
	20~40	22.5~52.5	32.5	5.6	17.2
	40~60	16.2~48.4	31.2	6.4	20.5
粉粒	0~20	3.0~19.4	9.3	3.6	39.1
	20~40	1.4~8.4	4.5	1.6	35.4
	40~60	1.6~8.4	4.0	1.5	37.0
砂粒	0~20	59.6~75.1	66.2	3.9	6.0
	20~40	42.6~71.0	63.0	5.3	8.3
	40~60	48.7~79.9	64.8	6.3	9.7

注:统计的不同深度土壤样品数 $n=43$ 。

Note: Statistical sample size of different soil depths, $n=43$.

26.6%、44.5%(表 6)。该地区桃园 73.7%的地块耕层土壤有机质含量达到丰富或极丰富水平,92.1%的地块 20~40 cm 土壤有机质达到耕层土壤标准的适宜或最适宜水平(图3)。

水蜜桃生产中,作物对氮的需求量最大,土壤供氮不足是引起农产品产量下降和品质降低的主要限制因子,土壤全氮含量是土壤中的氮库,不仅用于衡量土壤氮的基础肥力,还能反映土壤潜在肥力的高低。调查地区土壤全氮含量较高,0~20 cm 土壤全氮量平均为 $2.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,变异系数为 26.0%;20~40 cm 平均值为 $1.3\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,变异系数为 27.5%;40~60 cm 平均



统计的不同深度土壤样品数 $n=43$
Statistical sample size of different soil depths, $n=43$

图 2 直湖港小流域水蜜桃园不同深度土壤的质地

Figure 2 Soil texture of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

表 6 直湖港小流域水蜜桃园土壤有机质含量

Table 6 Soil organic matter contents of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

土层 Soil depth/cm	样品数 Sample sizes	变幅 Range/g·kg ⁻¹	平均值 Average/g·kg ⁻¹	标准差 Standard deviation/g·kg ⁻¹	变异系数 Variable coefficient/%
0~20	91	19.0~69.5	37.7	10.4	27.7
20~40	89	8.3~33.9	20.2	5.4	26.6
40~60	79	3.6~22.3	9.5	4.2	44.5

值为 0.6 g·kg⁻¹,变异系数为 38.7%(表 7)。该地区水蜜桃园 97.8%的地块耕层土壤全氮含量达到丰富或很丰富水平,77.4%的地块 20~40 cm 土壤全氮含量达到耕层标准的最适宜水平,40~60 cm 土壤全氮含量较为缺乏(图 4),与有机质养分状况规律基本一致。

这是由于该地区桃农不习惯深松土壤,且长期表施大量畜禽有机肥料,加上耕层以下土壤质地粘重桃树根系难以下扎,致使耕层土壤有机质和全氮养分盈余。

直湖港小流域桃园 0~20、20~40、40~60 cm 土壤碳氮比平均值分别为 8.7:1、9.1:1、9.0:1,变异系数分别为 17.4%、16.6%、28.4%(表 8),低于我国湿润温带土壤平均范围 10:1~12:1,微生物不再利用土壤中的

有效氮,反而有利于有机物质的分解,释放出矿质氮,提高有效氮含量^[10]。

2.5 直湖港小流域水蜜桃园土壤全磷和有效磷

磷是植物必需的大量营养元素,是植物生长重要的养分限制因子。磷肥施入土壤后,当季作物吸收利用率很低,大部分残留在土壤中,以植物难以利用的形态存在^[12]。土壤中可被植物吸收的磷组分为土壤的有效磷,是土壤供磷能力的一个重要指标,对指导施肥有重要意义。经调查,直湖港小流域地区水蜜桃园 70.5%的地块耕层土壤全磷含量达到适宜水平以上,仅有 16.8%和 12.6%的地块处于缺乏和很缺乏状态(图 5),平均值为 0.62 g·kg⁻¹,变异系数为 53.1%

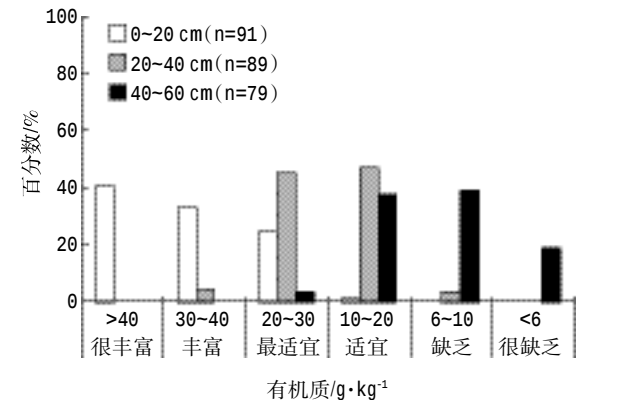


图 3 土壤有机质分级情况

Figure 3 Soil organic matter classification

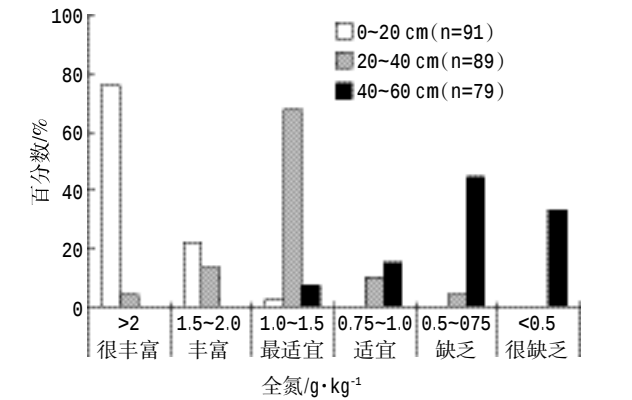


图 4 土壤全氮分级情况

Figure 4 Soil total nitrogen classification

表 7 直湖港小流域水蜜桃园土壤全氮含量

Table 7 Soil total nitrogen contents of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

土层 Soil depth/cm	样品数 Sample sizes	变幅 Range/g·kg ⁻¹	平均值 Average/g·kg ⁻¹	标准差 Standard deviation/g·kg ⁻¹	变异系数 Variable coefficient/%
0~20	91	1.2~4.4	2.5	0.7	26.0
20~40	89	0.6~2.8	1.3	0.4	27.5
40~60	79	0.2~1.3	0.6	0.2	38.7

表 8 直湖港小流域水蜜桃园土壤碳氮比

Table 8 Soil carbon and nitrogen ratios of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

土层 Soil depth/cm	样品数 Sample sizes	变幅 Range	平均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数 Variable coefficient/%
0~20	91	5.2~14.3	8.7:1	1.5	17.4
20~40	89	5.4~16.2	9.1:1	1.5	16.6
40~60	79	5.0~19.1	9.0:1	2.6	28.4

(表 9)。该地区耕层土壤有效磷丰富,92.3%的地块达到极丰富水平(图 6),0~20 cm 与 20~40 cm 土壤含磷量平均值分别高达 $304.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $152.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (表 10)。这与该地区长期施用大量复合肥和鸡粪有关。

2.6 直湖港小流域水蜜桃园土壤有效钾

有效钾是土壤供钾能力的重要指标,速效性钾主

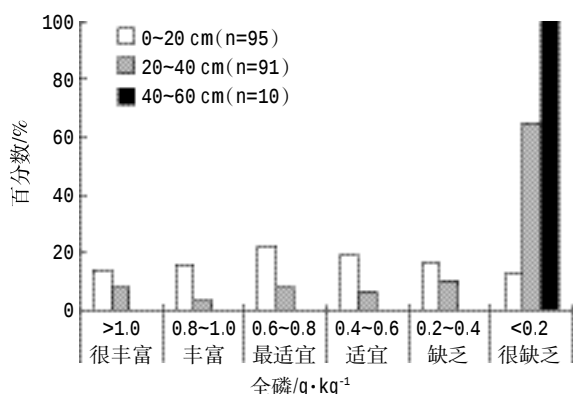


图 5 土壤全磷分级情况

Figure 5 Soil total phosphorus classification

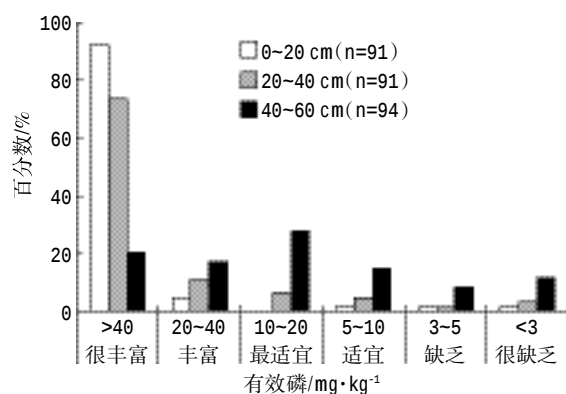


图 6 土壤有效磷分级情况

Figure 6 Soil available phosphorus classification

要是吸附在带负电荷胶体表面的钾离子和以离子形态存在于土壤溶液中的钾。直湖港小流域桃农为追求桃树高产和果实的高品质,大量施用有机粪肥和化学肥料(尤其是钾肥),导致该地区土壤有效钾含量保持在较高水平^[10]。分析结果表明,该地区水蜜桃园各层土壤钾含量大于 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的地块分别占到 90.4%、65.3%和 67.4%(图 7),平均值分别达到 625.3、280.0、324.3 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 变异系数分别为 45.8%、59.7%和 68.0%(表 11)。这与该地区钾肥过量施用有关^[7]。钾肥中的钾离子解离后易与土壤胶体上吸附的 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子发生交换,加大其淋失的风险,从而影响水蜜桃品质。

3 讨论

直湖港小流域水蜜桃园表层土壤 EC 值、有机质、全氮、全磷、有效磷、有效钾的分析结果变异系数分别为 63.4%、27.7%、26.0%、53.1%、55.7%、45.8%。

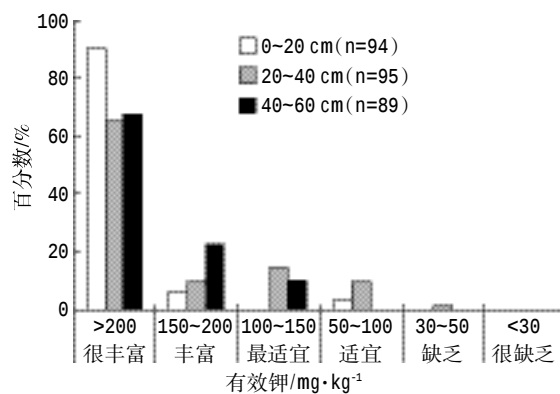


图 7 土壤有效钾分级情况

Figure 7 Soil available potassium classification

表 9 直湖港小流域水蜜桃园土壤全磷含量

Table 9 Soil total phosphorus contents of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

土层 Soil depth/cm	样品数 Sample sizes	变幅 Range/g·kg ⁻¹	平均值 Average/g·kg ⁻¹	标准差 Standard deviation/g·kg ⁻¹	变异系数 Variable coefficient/%
0~20	95	0.07~1.34	0.62	0.33	53.1
20~40	91	0.02~1.34	0.29	0.34	118.0
40~60	10	0.03~0.17	0.08	0.05	57.4

表 10 直湖港小流域水蜜桃园土壤有效磷含量

Table 10 Soil available phosphorus contents of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

土层 Soil depth/cm	样品数 Sample sizes	变幅 Range/mg·kg ⁻¹	平均值 Average/mg·kg ⁻¹	标准差 Standard deviation/mg·kg ⁻¹	变异系数 Variable coefficient/%
0~20	91	2.3~719.2	304.7	170.1	55.7
20~40	91	0.6~500.1	152.2	132.2	86.9
40~60	94	0.2~232.6	27.4	37.1	135.1

表 11 直湖港小流域水蜜桃园土壤有效钾含量
Table 11 Soil available potassium contents of juicy peach orchards in watershed of Zhihu Harbor

土层 Soil depth/cm	样品数 Sample sizes	变幅 Range/mg·kg ⁻¹	平均值 Average/mg·kg ⁻¹	标准差 Standard deviation/mg·kg ⁻¹	变异系数 Variable coefficient/%
0~20	94	70.1~1 261.3	625.3	286.2	45.8
20~40	95	48.8~881.5	280.0	167.3	59.7
40~60	89	106.7~1 720.6	324.3	220.7	68.1

该地区水蜜桃园种植的水蜜桃品种较多,生育期和成熟期不同,不同品种和不同树龄桃树施肥时间和施肥量不尽相同,而且不同农户的所施肥料和施肥方式也有较大差异。施肥对耕层土壤 EC 值和养分含量影响显著,使得土壤分析结果存在较大变异。

直湖港小流域水蜜桃园耕层土壤酸化严重,88.0%的地块 pH 值介于 3.4~5.4,其中 33.7%的地块呈强酸性(pH<4.5)。这是由于该地区水蜜桃园施用的化学肥料主要以含铵态氮和硝态氮的三元复合肥为主,配施或追施尿素、磷酸二铵、碳酸氢铵及硫酸钾等^[8]。铵态氮肥施入土壤后,铵根氧化后被作物吸收,导致土壤中氢离子和铝离子含量增加,土壤 pH 值降低^[13-14]。土壤中铵态氮的硝化及随后 NO₃的淋溶也会造成土壤酸化^[15]。另外,该地区降水量大而且集中,土壤淋溶作用强烈,钙、镁、钾等碱性盐基大量流失,同样会加剧土壤酸化进程^[16]。

直湖港小流域水蜜桃园存在严重的养分表层聚集现象,耕层土壤有机质、全氮、全磷、有效磷、有效钾含量分别有 40.7%、75.8%、13.7%、92.3%和 90.4%的地块高于全国第二次土壤普查分级的最高标准;33.0%、22.0%、15.8%、4.4%和 6.4%的地块处于丰富水平。原因是该地区水蜜桃经济效益高,农民舍得投入,为提高水蜜桃产量与品质,大水大肥,长期施用化学肥料和禽粪有机肥料及不合理追肥,造成土壤养分盈余。有研究报道,水蜜桃树的 N、P₂O₅、K₂O 实际吸收量分别为 197、185、378 kg·hm⁻²,而太湖地区水蜜桃园 N、P₂O₅、K₂O 实际投入量高达 503、619、483 kg·hm⁻²,其中有机肥养分占总养分投入量的比例分别为 51.7%、64.3%、37.9%^[8]。

直湖港小流域水蜜桃园年年重复、过量及不合理施肥进一步加剧了耕层土壤养分过剩现象,该地区河网密集,地下水位浅,降水量大且主要集中在果农追肥期,过剩的养分容易通过径流或淋溶等方式转移到水体,加大了该地区地下水和周边水体的污染风险。针对上述现状,必须采取稳产节肥环境友好的施肥措施。包膜控释肥料是一类可通过膜层厚度等机制调节

肥料颗粒内部速效养分的释放速率,预先设定肥料在作物整个生育周期的养分释放模式,使其养分释放规律同作物吸收养分规律相同步的一种新型肥料。许多研究表明控释肥料在减轻环境污染等方面具有普通化学肥料所无法比拟的优点,能有效提高肥料养分利用率,减肥而不减产^[17-18]。因此,研发和施用养分释放特征与水蜜桃树需肥规律一致的专用控释复合肥,合理配施有机肥料,可以保证果园节肥高效稳产,减轻土壤酸化和周边水体富营养化污染等环境压力。

4 结论

(1)直湖港小流域水蜜桃园化肥的高投入和不合理施肥造成严重的土壤酸化,88.0%的地块耕层土壤 pH 值介于 3.4~5.4,其中 33.7%的地块呈强酸性,随着土壤深度的增加 pH 值逐渐升高。

(2)直湖港小流域水蜜桃园耕层土壤 EC 平均值为 317.6 μS·cm⁻¹,变异系数 63.4%,其中 11.7%超过了作物生育障碍的临界点。

(3)直湖港小流域水蜜桃园粘粒含量随着土壤深度的加深有逐渐增加的趋势,66.7%的 0~20 cm 耕层土壤为粉砂壤土,20~60 cm 土壤质地偏粘,影响水分下渗和桃树根系下扎。

(4)直湖港小流域水蜜桃园耕层土壤有机质、全氮、全磷、有效磷、有效钾含量高,分别有 40.7%、75.8%、13.7%、92.3%和 90.4%的地块高于全国第二次土壤普查分级的最高标准,33.0%、22.0%、15.8%、4.4%和 6.4%的地块处于丰富水平。

(5)直湖港小流域水蜜桃园养分表聚现象严重,加大了农业面源污染的风险。为了保证果园节肥高效生产并减少环境污染压力,应减少氮、磷、钾养分直接投入,研发和施用水蜜桃专用控释肥料,合理配施有机肥料并适当增加施肥深度。

参考文献:

[1] 金 苗,任 泽,史建鹏,等.太湖水体富营养化中农业面污染源的影响研究[J].环境科学与技术,2010,33(10):106-109,119.

- JIN Miao, REN Ze, SHI Jian-peng, et al. Impact of agricultural non-point source pollution in eutrophic water body of Taihu Lake[J]. Environmental Science and Technology, 2010, 33(10): 106-109, 119. (in Chinese)
- [2] 杨林章, 施卫明, 薛利红, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与实践——总体思路与“4R”治理技术[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(1): 1-8.
YANG Lin-zhang, SHI Wei-ming, XUE Li-hong, et al. Reduce-retain-reuse-restore technology for the controlling the agricultural non-point source pollution in countryside in China: General countermeasures and technologies[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2013, 32(1): 1-8. (in Chinese)
- [3] 郭 智, 周 炜, 陈留根, 等. 太湖流域桃园磷钾投入特征及其对果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2015, 44(6): 112-117.
GUO Zhi, ZHOU Wei, CHEN Liu-gen, et al. Influence of nitrogen and phosphorus input characteristic on fruit quality in Tai Lake region[J]. South China Fruits, 2015, 44(6): 112-117. (in Chinese)
- [4] 金唯新, 赵丽丽, 吴一羚. 阳山水蜜桃产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技, 2015(15): 101-102, 105.
JIN Wei-xin, ZHAO Li-li, WU Yi-ling. Development situation and countermeasure of juicy peach industry in Yangshan town[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2015(15): 101-102, 105. (in Chinese)
- [5] 汪吉东, 曹 云, 常志州, 等. 沼液配施化肥对太湖地区水蜜桃品质及土壤氮素累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(2): 379-386.
WANG Ji-dong, CAO Yun, CHANG Zhi-zhou, et al. Effects of combined application of biogas slurry with chemical fertilizers on fruit qualities of *Prunus persica* L. and soil nitrogen accumulation risk [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2013, 19(2): 379-386. (in Chinese)
- [6] 闵 炬, 陆扣萍, 陆玉芳, 等. 太湖地区大棚菜地土壤养分与地下水水质调查[J]. 土壤, 2012, 44(2): 213-217.
MIN Ju, LU Kou-ping, LU Yu-fang, et al. Investigation of soil fertility and quality of ground water in greenhouse vegetable fields of Tai Lake region[J]. Soils, 2012, 44(2): 213-217. (in Chinese)
- [7] 王 海, 席运官, 陈瑞冰, 等. 太湖地区肥料、农药过量施用调查研究[J]. 农业环境与发展, 2009(3): 10-15.
WANG Hai, XI Yun-guan, CHEN Rui-bing, et al. Investigation and re-search of fertilizers and pesticides excessive application in Tai Lake region[J]. Agro-Environment and Development, 2009(3): 10-15. (in Chinese)
- [8] 程 谊, 贾云生, 汪 玉, 等. 太湖竺山湾小流域果园养分投入特征及其土壤肥力状况分析[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(10): 1940-1947.
CHENG Yi, JIA Yun-sheng, WANG Yu, et al. Nutrient inputs and soil fertility status in orchards of Zhushan bay in Taihu Lake watershed[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2014, 33(10): 1940-1947. (in Chinese)
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
LU Ru-kun. Soil agricultural chemistry analysis[M]. Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 2000. (in Chinese)
- [10] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
HUANG Chang-yong. Agrology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008. (in Chinese)
- [11] 韩江培. 设施栽培条件下土壤酸化与盐渍化耦合发生机理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
HAN Jiang-pe. The mechanisms for the coexistence of soil acidification and salinization under greenhouse cultivation[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015. (in Chinese)
- [12] Liu Z, Li Y C, Zhang S, et al. Characterization of phosphate-solubilizing bacteria isolated from calcareous soils[J]. Applied Soil Ecology, 2015, 96: 217-224.
- [13] 王文娟, 杨知建, 徐华勤. 我国土壤酸化研究概述[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(8): 54-56.
WANG Wen-juan, YANG Zhi-jian, XU Hua-qin. Overview of soil acidification research in China[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2015, 43(8): 54-56. (in Chinese)
- [14] Pi H, Zeng Q, Jiang Z, et al. Molecular environmental soil science at the interfaces in the earth's critical zone[M]. Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2010: 134-136.
- [15] 徐仁扣, Coventry D R. 某些农业措施对土壤酸化的影响[J]. 农业环境保护, 2002, 21(5): 385-388.
XU Ren-kou, Coventry D R. Soil acidification as influenced by some agricultural practices[J]. Agro-environmental Protection, 2002, 21(5): 385-388. (in Chinese)
- [16] 刘之广, 陈宝成, 张 民, 等. 模拟条件下太湖直湖港地区桃园土壤不同施肥处理氮磷淋失特征[J]. 水土保持学报, 2014, 28(3): 227-231.
LIU Zhi-guang, CHEN Bao-cheng, ZHANG Min, et al. Nitrogen and phosphorus leaching of peach orchard in Zhihugang region of Tai Lake with different fertilization treatments under simulated condition[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2014, 28(3): 227-231. (in Chinese)
- [17] Yang Y, Zhang M, Zheng L, et al. Controlled-release urea for rice production and its environmental implications[J]. Journal of Plant Nutrition, 2013, 36(5): 781-794.
- [18] Geng J, Sun Y, Zhang M, et al. Long-term effects of controlled release urea application on crop yields and soil fertility under rice-oilseed rape rotation system[J]. Field Crops Research, 2015, 184: 65-73.