



福建省 6 个桃园养分、重金属、抗生素特征分析与评价

郭 瑞¹, 周根华², 金 光^{1*}, 周 平¹, 颜少宾¹

(1. 福建省农业科学院果树研究所, 福建 福州 350013;

2. 福建农林大学, 国家甘蔗工程技术研究中心, 福建 福州 350002)

摘 要: 为了解福建省主要桃产区桃园的土壤养分状况以及重金属、抗生素污染情况, 测定了宁德市古田县、龙岩市连城县、南平市建瓯市、南平市建阳区、福州市晋安区、福州市闽侯县共 6 个桃园有机肥和土壤的养分含量、土壤样品中的重金属残留量、有机肥及土壤中的抗生素含量。根据相关标准对土壤的安全性进行了初步分析评价。测定结果表明, 养分投入在各产区桃园差别不大, 但是土壤各养分含量差异明显, 对比国家土壤养分分级标准, 全氮含量均小于 0.05 g/kg, 为第 6 级, 显示极度缺乏; 有效磷、速效钾含量平均值均达到 1 级标准, 变化范围分别在 0.650 ~ 631.186 和 44.606 ~ 418.595 mg/kg, 变异程度大。8 种重金属在样品土壤中的检出率为 100%, 除建瓯桃园 Cr 含量超标外, 其余重金属及其他桃园重金属含量均低于国家农用地土壤污染风险筛选值, 但重金属含量差异较大, 其中 Cr、Cu、Zn 和 Pb 的含量较高, Hg 和 Cd 的含量较低, 建瓯桃园的 Cr 以及闽侯桃园的 Cd 单项污染指数均大于 1, 达到污染水平; 建瓯、闽侯的内梅罗综合污染指数在 0.7 ~ 1.0 范围内, 污染等级达到警戒线。测定的 24 种抗生素结果显示, 有机肥中检出 7 种、土壤中检出 5 种, 土壤中检测的抗生素含量高于有机肥中抗生素含量, 特别是喹诺酮类中的恩诺沙星和环丙沙星。总之, 各桃产区应加强施肥, 调整养分投入配比, 保证养分吸收平衡; 虽然土壤重金属、抗生素总体污染水平较低, 但仍需警惕。

关键词: 桃园; 养分; 重金属; 抗生素

我国是桃的起源地, 也是世界上桃主要生产国, 栽培面积和产量均居世界第一, 且近年来桃树的种植面积和产量总体上都呈增加的趋势^[1]。福建省栽培桃树历史悠久, 是我国南方桃树主要产区之一, 种植桃树已经成为当地农民增收的重要手段^[2]。

当前, 福建省桃生产中普遍存在产量不稳定、品质差等问题, 制约了桃产业的发展。在影响桃园生产的众多因素中, 养分投入非常重要, 它是影响果实产量、品质和成熟期的重要因素^[3-4]。土壤质量是发展可持续农业的基本因素之一^[5]。较长时间以来, 各类污染物使土壤污染加剧、重金属含量升高。而重金属污染具有长期性、隐蔽性及不可逆性的特点^[6], 不仅影响作物的生长发育, 也对人体

健康有害。抗生素是一类对致病微生物具有抑制或杀灭作用的化学物质, 在医疗、禽畜养殖等方面有重要作用^[7], 但同时抗生素是鸡粪等粪便中的主要污染物, 长期用禽畜粪便施肥或用养殖废水灌溉可导致其大量进入农田土壤, 导致土壤中抗生素含量增加, 进而被植物吸收, 桃园也是如此。目前, 暂无关于福建桃产区土壤养分及重金属、抗生素含量的调查, 本试验对福建省 6 个桃产区果园进行有机肥和土壤肥力调查, 开展土壤养分与重金属及抗生素含量的分析及安全性评价, 以初步了解 6 个桃产区果园的土壤状况, 为福建省桃产业构建规范化种植模式和科学施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与测定

采样地点为福建省内主要桃产区有代表性的桃园, 包括古田、建阳、连城、建瓯、晋安、闽侯 6 个桃产区, 各 1 个桃园, 具体地点见表 1。每个果园根据地形和面积大小分别选用五点取样法进行土壤样品的采集, 采集耕作层 (0 ~ 30cm 土层) 的土样 (桃树为浅根性树种, 桃根大多生长在这个区

收稿日期: 2022-05-17; 录用日期: 2022-07-31

基金项目: 福建省省属公益类科研院所基本科研专项 (2020R1028003, 2021R10280011); “5511”协同创新工程项目 (XTCXGC2021019-GSS01); 国家现代农业产业技术体系福州综合试验站 (CARS-30-Z-07)。

作者简介: 郭瑞 (1981-), 助理研究员, 硕士, 主要从事落叶果树育种及栽培研究工作。E-mail: guorui2006.good@163.com。

通讯作者: 金光, E-mail: jinguang0591@163.com。

域范围),充分混合后四分法取样,晾干,过筛,供测试营养成分、重金属和抗生素使用。另外,随机采集6个果园长期使用的有机肥,带回检测营养物质和抗生素含量。

表1 采样果园地点信息

序号	地点	省内位置	经度(°)	纬度(°)
1	宁德市古田县平湖镇端溪村	闽东	118.66	26.47
2	龙岩市连城县四堡镇上枳村	闽西	116.44	25.53
3	南平市建瓯市小松镇穆墩村	闽北	117.82	26.91
4	南平市建阳区崇雒镇上洋村	闽北	118.14	27.21
5	福州市晋安区新店镇埔垵村	闽中	119.31	26.08
6	福州市闽侯县大湖乡马乾村	闽中	119.13	26.15

1.2 检测方法

养分相关指标测定:土壤有机质含量采用硫酸重铬酸钾油浴法测定^[8];pH值用MIK-pH6.0检测仪测定;全氮含量用化学分析仪AA3测定;全磷采用氢氧化钠碱熔钼锑抗比色法;有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼蓝比色法;全钾采用氢氧化钠碱熔-火焰光度法;速效钾采用中性乙酸铵浸提-原子吸收法^[9]。以上各指标均3次重复测定。

重金属含量测定:Hg、As的测定采用原子荧光法;Cr的测定采用火焰原子吸收分光光度法;Ni的测定采用原子吸收分光光度法;Cu、Zn的测定采用火焰原子吸收分光光度法;Pb、Cd的测定采用石墨炉原子吸收分光光度法^[10]。

抗生素含量测定:本试验选取了24种抗生素,包括磺胺类(SAs):磺胺嘧啶(SDZ)、磺胺甲嘧啶(SM1)、磺胺对甲氧嘧啶(SFM)、磺胺地索辛(SDM)、磺胺喹噁啉(SQX)、磺胺氯哒嗪(SCP)、新诺明(SMX)、磺胺甲噁唑(SMZ)、磺胺二甲嘧啶(SDD);喹诺酮类(FQs):诺氟沙星(NOR)、洛美沙星(LOM)、恩诺沙星(ENR)、环丙沙星(CFX);酰氨醇类(APHs):氟苯尼考(FF)、氯霉素(CAP);大环内酯类(MALs):红霉素(ERM)、罗红霉素(RTM)、泰乐菌素(TYL);四环素类(TCs):金霉素(CTC)、四环素(TC)、土霉素(OTC)、强力霉素(DC);其他:林可霉素(LCM)、头孢噻唑(CAS)。采用超高效液相色谱-质谱仪进行测定^[11-15]。

1.3 土壤养分等级评价标准

依据全国第二次土壤普查养分分级标准^[16],土

壤中大量元素的含量等级共分为6级,详见表2,依据该分级标准对福建省6个主要桃产区桃园土壤养分的丰缺情况进行评价。

表2 全国第二次土壤普查养分分级标准

养分含量分级	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
1	>40	>2	>40	>200
2	30 ~ 40	1.50 ~ 2.00	20 ~ 40	150 ~ 200
3	20 ~ 30	1.00 ~ 1.50	10 ~ 20	100 ~ 150
4	10 ~ 20	0.75 ~ 1.00	5 ~ 10	50 ~ 100
5	6 ~ 10	0.50 ~ 0.75	3 ~ 5	30 ~ 50
6	≤ 6	≤ 0.50	≤ 3	≤ 30

注:1、2、3、4、5、6依次表示土壤养分含量很丰富、丰富、中等、缺乏、很缺乏、极缺乏。

1.4 土壤污染现状评价

采用单项污染指数法和综合污染指数法^[17]对6个桃园土壤重金属含量进行评价。

通过单项污染指数评价,可以确定主要的重金属污染物及其危害程度。计算公式如下:

$$P_i=C_i/S_i \quad (1)$$

式中: P_i 为单项污染指数, i 代表重金属因子, C_i 为某污染物测定值,单位mg/kg; S_i 为评价标准值,单位mg/kg。

土壤污染评价参数为As、Hg、Cr、Ni、Cu、Zn、Cd及Pb8项,评价标准采用《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准》(GB 15618—2018)中农用地土壤污染风险筛选值。 P_i 共分为四级标准,详见表3。

表3 单项污染指数(P_i)与内梅罗

综合污染指数(P_N)分级标准

等级	P_i 值	P_i 污染等级	P_N 值	P_N 污染等级
I	≤ 1	无污染	≤ 0.7	安全
II	1 ~ 2	轻度污染	0.7 ~ 1.0	警戒线
III	2 ~ 3	中度污染	1.0 ~ 2.0	轻度污染
IV	>3	重度污染	2.0 ~ 3.0	中度污染
V	—	—	>3.0	重度污染

单项污染指数只能反映各个重金属元素的污染程度,不能全面反映土壤的污染状况,而综合污染指数兼顾了单项污染指数平均值和最高值,可以突出污染较重的重金属污染物的作用。综合污染指数采用内梅罗指数法,计算公式如下:

$$P_N=\sqrt{\frac{P_{iave}^2+P_{imax}^2}{2}} \quad (2)$$

式中: P_N 为采样点的综合污染指数, P_{iave} 为重金



属元素 i 单项污染指数的平均值; P_{imax} 为重金属元素 i 单项污染指数最大值。内梅罗综合污染指数分为 5 级, 详见表 3。

1.5 数据分析

采用 SPSS 22 和 Excel 2019 软件对实验数据进行分析处理, 采用 Graph 8.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 有机肥和土壤的有机质、pH 值和养分含量及评价

有机质是土壤肥力的主要物质基础之一, 有机质含量的高低, 可以反映土壤肥沃程度。从表 4 可以看出, 6 个桃园有机肥的有机质含量尚较高, 其中建阳含量最高达 56.928 g/kg, 连城含量最低, 为 35.550 g/kg。但是有机质含量存在较大差异, 表 5 数据中建瓯桃园土壤有机质含量仅为 2.330 g/kg, 表明建瓯桃园土壤有机质极度缺乏, 而建阳、闽侯桃园土壤有机质含量却达 55.284 和 50.166 g/kg, 处于国家 1 级标准, 代表有机质含量极丰富。说明各桃园土壤、有机肥的有机质含量存在显著差异。

表 4 6 个桃园有机肥有机质、pH 值和养分含量

地点	有机质 (g/kg)	pH 值	全氮 (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)
古田	53.121	8.8	3.190	3.203	3.787
建阳	56.928	8.2	2.000	2.057	2.105
连城	35.550	7.5	1.520	1.960	2.300
建瓯	49.211	8.7	2.360	2.827	3.122
晋安	52.355	8.1	2.170	1.704	1.351
闽侯	46.822	7.9	2.230	2.558	2.686

表 5 6 个桃园土壤有机质、pH 值和养分含量

地点	有机质 (g/kg)	pH 值	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
古田	21.139	6.2	0.130	21.360	230.495
建阳	55.284	5.6	0.308	631.186	374.815
连城	19.951	5.1	0.096	140.400	113.840
建瓯	2.330	5.5	0.023	0.650	44.606
晋安	20.326	6.1	0.095	17.961	56.574
闽侯	50.166	5.8	0.250	577.146	418.595

pH 值能反映有机肥和土壤环境酸碱的情况, 便于选用适宜的有机肥和采用适当的施肥方法。从表 4 可知投入有机肥 pH 值在 7.5 ~ 8.8 之间, 偏碱。通过测定土壤酸碱度 (表 5) 发现 pH 值在 5.1 ~ 6.2 区间内变化, 偏酸。根据酸碱度的分级标准^[11],

强酸性范围占 16.7%, 酸性范围占 83.3%, 由此可见, 福建省主要桃园土壤属于强酸性至酸性范围。

前人试验的结果表明, 每生产桃果 100 kg, 需消耗 N 0.5 kg、K₂O 0.6 ~ 0.7 kg、P₂O₅ 0.2 kg^[18], 因此桃园实际上所需氮磷钾养分投入比例为 5:6 ~ 7:2, 由表 4 可知 6 个桃园有机肥中氮磷钾投入比列与实际所需相差甚大, 尤其是磷肥的投入占比过高。各桃园有机肥中全氮、有效磷、速效钾含量差异不明显。

土壤全氮、有效磷、速效钾 (表 5、表 6) 方面, 对比全国第二次土壤普查养分分级标准 (表 2), 6 个桃园土壤全氮含量均小于 0.50 g/kg, 养分含量等级为第 6 级, 显示极度缺乏。有效磷含量平均值为 231.451 mg/kg, 处于国家 1 级标准, 变化范围在 0.650 ~ 631.186 mg/kg, 各桃园差异程度很大。其中有效磷含量 >40 mg/kg 的有建阳、连城、闽侯 3 个桃园, 含量极度丰富; 古田桃园有效磷含量为 21.360 mg/kg, 处于国家 2 级标准; 晋安桃园有效磷含量为 17.961 mg/kg, 处于国家 3 级标准; 而建瓯桃园有效磷含量仅为 0.650 mg/kg, 为极度缺乏。土壤速效钾含量平均值为 206.488 mg/kg, 达极丰富程度, 但同时各园差异程度较大, 含量高于国家 1 级标准的有古田、建阳、闽侯 3 个桃园, 连城、晋安、建瓯桃园分别处于国家 3 级标准、4 级标准、5 级标准。

表 6 6 个桃园土壤有机质、养分统计结果

统计结果	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
平均值	28.199	0.150	231.451	206.488
最大值	55.284	0.308	631.186	418.595
最小值	2.330	0.023	0.650	44.606
标准差	20.323	0.107	293.451	161.965
变异系数 (%)	72.071	71.292	126.788	78.438

2.2 土壤重金属含量分析与污染指数评价

由表 7 可知, 福建省 6 个主要桃产区桃园土壤中重金属检出率为 100%, 同时也能看出不同种类的重金属在土壤中的含量差异较大, 其中 Cr、Cu、Zn 和 Pb 含量较高, Hg 和 Cd 含量较低。根据 GB 15618—2018 的农用地土壤污染风险筛选值在 pH 值范围为 5.5 ~ 6.5 时的大小, 可知这 8 种重金属含量除建瓯桃园 Cr 含量超标其余均低于风险筛选值, 表现出较低的污染水平。另外, 建瓯 As、Ni、Cu、Pb 含量也显著高于其他桃园检出含量, 表明建瓯桃园土壤状况相对另外 5 个桃园表现较弱。

表 7 6 个桃园土壤重金属含量的检测结果 (mg/kg)

地点	As	Hg	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
古田	4.382	0.071	19.620	7.593	14.650	58.042	0.032	28.642
建阳	4.979	0.600	70.370	15.990	25.280	65.894	0.078	29.743
连城	4.844	0.075	45.180	8.990	12.460	33.873	0.039	19.472
建瓯	9.625	0.094	172.200	64.270	56.710	60.684	0.047	26.826
晋安	2.209	0.031	24.560	11.400	19.500	97.874	0.171	44.676
闽侯	4.848	0.105	14.250	5.414	20.480	110.656	0.340	52.958

通过单项污染指数法和综合污染指数法即内梅罗指数法对各个桃园土壤重金属含量进行计算,得出单因子污染指数及内梅罗综合污染指数(表 8)。从表 8 可以看出,建瓯桃园的 Cr 以及闽侯桃园的 Cd 单项污染指数均大于 1,分别为 1.148 和 1.133,达到污染水平。其余单项污染指数均小于 1,表明土壤污染等级为无污染,污染水平为清洁。同

时也能发现建瓯桃园重金属 Ni 的单项污染指数达 0.918,若不对该桃园土壤状况进行改善, Ni 含量即将达到轻度污染水平。古田、建阳、连城和晋安 4 个桃园的污染指数均小于 0.7,土壤污染等级为安全,土壤尚清洁。而建瓯、闽侯的综合污染指数在 0.7 ~ 1.0 范围内,分别为 0.869 和 0.838,污染等级达到警戒线。

表 8 6 个桃园土壤单项污染指数及综合污染指数结果

地点	单项污染指数 (P _i)								综合污染指数 (P _N)
	As	Hg	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	
古田	0.110	0.039	0.131	0.108	0.098	0.290	0.107	0.318	0.249
建阳	0.124	0.333	0.469	0.228	0.169	0.329	0.260	0.330	0.386
连城	0.121	0.042	0.301	0.128	0.083	0.169	0.130	0.216	0.238
建瓯	0.241	0.052	1.148	0.918	0.378	0.303	0.157	0.298	0.869
晋安	0.055	0.017	0.164	0.163	0.130	0.489	0.570	0.496	0.443
闽侯	0.121	0.058	0.095	0.077	0.137	0.553	1.133	0.588	0.838

2.3 有机肥及土壤抗生素污染特征分析评价

6 个桃园有机肥中抗生素含量见图 1,土壤中抗生素含量见图 2,其中磺胺类、大环内酯类以及林可霉素、头孢噻吩未在有机肥中检出;磺胺类、大环内酯类、四环素类及林可霉素、头孢噻吩未在土壤中检出,未检出的抗生素未在图中显示。结果发现,土壤中检测的抗生素含量基本高于有机肥中抗生素含量,特别是喹诺酮类中的恩诺沙星和环丙沙星,除建瓯和晋安 2 个桃园土壤未检出外,剩余 4 个园均被检出。大环内酯类的罗红霉素含量则在 6 个桃园土壤中均检出,其中闽侯、连城 2 个桃

园含量高达 228.61 和 105.945 μg/kg,目前,国内尚无土壤中抗生素的限量要求,根据兽药国际协调委员会提出的土壤抗生素生态毒害效应的触发值为 100 μg/kg^[13],一定程度上说明闽侯、连城 2 个桃园土壤中罗红霉素污染较严重。有机肥中检测出的抗生素含量有 7 种,只在个别园中被检出,且总体含量较低,其中闽侯桃园有机肥中的泰乐菌素、连城桃园有机肥中的四环素和强力霉素含量相对较高,分别为 43.24、73.5 和 77.5 μg/kg,其他含量范围均在 4.35 ~ 8.9 μg/kg 之间,污染程度较低。

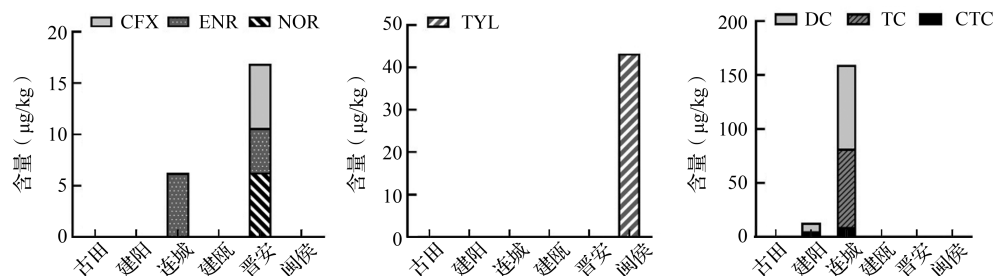


图1 有机肥抗生素含量

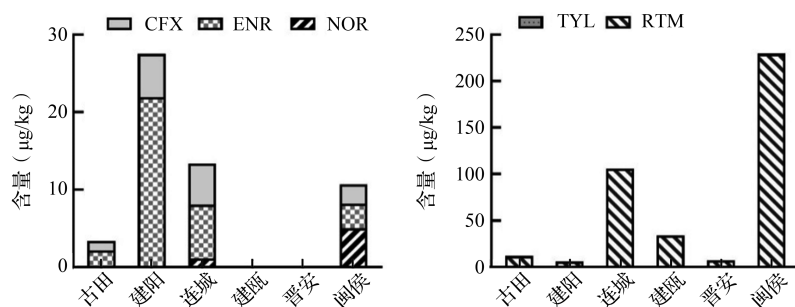


图2 土壤抗生素含量

3 结论与讨论

桃果实营养丰富,深受消费者喜爱。而桃果的安全性也越来越受到人们的重视。福建省是南方产桃大省,近年来产出的优质桃果在市场上广受欢迎,但是随着产区土壤种桃年限不断增加,以及各区域气候条件、土壤养分状况、管理水平的差异,桃园土壤状况各不相同,使得桃果品质参差不齐。福建省桃园普遍使用当地生产的有机肥且用量较多,长期使用同一种有机肥也会造成营养的不平衡,且使用鸡粪等禽类粪便作为原料发酵,有抗生素残留。为此本研究调查了福建省主要产区6个桃园的土壤和有机肥的养分状况、重金属和抗生素污染情况,并对调查结果进行分析和评价,对合理施肥和桃果的安全生产具有重要意义,选择的6个桃园分布于省内主产区,在产区桃园中有代表性。

合理的养分投入量要考虑土壤肥力、产量水平以及桃树的营养需求特点。6个桃园使用的有机肥中有机质含量十分丰富,但是全氮、 K_2O 、 P_2O_5 三者含量比例与桃树所需的量存在较大差异, P_2O_5 含量过高。但也能发现各桃园土壤有机质、养分含量差异较大,建瓯桃园有机质含量仅为2.33 g/kg、有效磷含量仅为0.650 mg/kg等,反映出目前福建桃树生产中存在养分配比不尽合理、各桃园间养分吸收差异大等问题。

在果园的生产管理中,经常受到工业废物等有害物的影响,造成重金属污染问题日益突出。本试验测定了各桃园土壤中As、Hg、Cr、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb 8种重金属含量,虽然除建瓯桃园Cr含量超标外,其他桃园其余土壤中重金属含量均低于国家标准中农用土壤污染风险值,但是也不能忽视在土壤污染评价中建瓯桃园Cr和闽侯桃园Cd的 P_i 值 >1 ,达到污染水平,同时这2个桃园的 P_N 值在0.7~1.0范围内,污染等级达到警戒线。也发现建瓯桃园重金属Ni的 P_i 值即将达到污染水平线。在今后的果园管理中必须要重视保护土壤,合理选择农药和化肥。

检测的24种抗生素是土壤和有机肥中较为常见的和受关注的抗生素种类^[19-20],本次在有机肥中检出7种,土壤中检出5种。总体来说,福建省6个桃园的抗生素污染程度是处于相对较低的污染水平。但禽畜粪便农用后伴生的抗生素耐药性传播风险日益显现,农田土壤抗生素的风险管控工作亟待开展。

本次试验在每个桃产区采集的样本为1个桃园,还不足以完全评价整个产区的实际情况。但依然可以反映省内桃产区土壤养分、重金属和抗生素等方面的部分现状。随着果园各类化肥、农药使用增多,土壤污染物的种类也多,其造成的环境风险需要引起足够关注,避免造成危害。

参考文献:

- [1] 周媛媛, 张苗, 佟丙辛, 等. 冀中地区桃树养分投入、土壤养分状况及其与产量的关系 [J]. 土壤通报, 2019, 50(3): 683-690.
- [2] 李文, 李鑫, 曾志芳, 等. 福建省古田县水蜜桃产业现状及发展对策 [J]. 中国果业信息, 2019, 36(5): 27-30.
- [3] Layne D R, Bassi D. The peach: botany, production and uses [M]. Wallingford: CABI, 2008.
- [4] 张勇, 李晓军, 曲健禄, 等. 山东桃树流胶病原菌研究 [J]. 果树学报, 2010, 27(6): 965-968.
- [5] Wang X, Gong Z. Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China [J]. Geoderma, 1998, 81(3): 339-355.
- [6] 王哲玮, 王秋红, 於丽华. 土壤重金属污染及对生物体影响的研究进展 [J]. 中国农学通报, 2017, 33(19): 86-92.
- [7] 王娜, 郭欣妍, 单正军, 等. 农田土壤抗生素污染管控建议 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(1): 167-173.
- [8] 李婧. 土壤有机质测定方法综述 [J]. 分析试验室, 2008, 27(5): 154-156.
- [9] 姜如愿, 王菊葵, 安玉民, 等. 校园土壤养分含量的测定和评价 [J]. 安徽农业科学, 2013, 41(36): 14173-14174.
- [10] 朱彤. 土壤重金属污染现状及检测技术研究 [J]. 资源与环境, 2012, 48(6): 200-202.
- [11] 国彬, 姚丽贤, 何兆桓, 等. 土壤中磺胺类抗生素的检测方法优化及残留、降解研究 [J]. 土壤通报, 43(2): 386-390.
- [12] 蓝贤瑾, 刘益仁, 吕真真, 等. 氟喹诺酮类抗生素在我国农田土壤中残留及其风险研究进展 [J]. 江西农业学报, 2019, 31(9): 108-115.
- [13] 邱稀木, 朱晓华, 边文冀, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定河蟹肝胰腺组织中林可酰胺类抗生素残留 [J]. 福建农业学报, 2021, 36(10): 1231-1237.
- [14] 宋桂芳, 张世文, 庄红娟, 等. 农用地大环内酯类抗生素与杀菌剂残留污染评价 [J]. 环境化学, 2022, 41(7): 1-11.
- [15] 陈晨, 李秀波, 王宏磊, 等. 土壤中抗生素多残留污染现状及前处理方法研究进展 [J]. 中国兽药杂志, 2021, 55(12): 55-66.
- [16] 沈善敏. 中国土壤肥力 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [17] 陈锐, 杜双杰, 徐伟, 等. 南京城郊某典型退耕农用地土壤重金属含量特征与污染评价分析 [J]. 环境工程 40(3): 102-110, 165.
- [18] 孔向军, 斜凌娟, 钱东南, 等. 金华义乌红桃主园土壤养分与其果品内在品质的相关性分析 [J]. 园艺与种苗, 2013(6): 20-22, 32.
- [19] 彭克明, 裴保义. 农业化学总论 [M]. 北京: 农业出版社, 1980.
- [20] 罗迪君. 国内抗生素的主要来源和污染特征 [J]. 绿色科技, 2019(14): 159-161.

Characteristics of nutrients, heavy metals and antibiotics in six peach orchards in Fujian province

GUO Rui¹, ZHOU Gen-hua², JIN Guang^{1*}, ZHOU Ping¹, YAN Shao-bin¹ (1. Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou Fujian 350013; 2. Fujian Agriculture and Forestry University, National Engineering Research Center of Sugarcane, Fuzhou Fujian 350002)

Abstract: In order to understand the nutrient status of soil and the contamination of heavy metals and antibiotics in major peach orchards in Fujian province, this study determined the nutrient contents of organic fertilizer and soil, heavy metal residues in soil samples, and the antibiotic contents of organic fertilizer and soil in six peach orchards in Gutian county of Ningde city, Liancheng county of Longyan city, Jianyang district and Jianou county of Nanping city, Jin'an district and Minhou county of Fuzhou city. A preliminary evaluation of the safety of the soil was conducted according to the relevant standards. The results showed that there was little difference in nutrient inputs among the peach production areas, but all soil nutrients contents had significant difference. The total nitrogen content in soil samples were less than 0.05 g/kg, which showed extreme deficiency; and the ranges of available phosphorus and available potassium contents were 0.650 ~ 631.186 and 44.606 ~ 418.595 mg/kg, respectively, with a large degree of variation. According to the national soil nutrient grading standards, the total nitrogen content in soil samples were at the level 6, and the average values of available phosphorus and available potassium content were at the level 1. The detection rate of eight heavy metals in the soil samples was 100%, except for Cr in Jian'ou peach orchard, the contents of other heavy metals and all heavy metals in other peach orchards were lower than the national screening value for soil pollution risk in agricultural land, but the contents of heavy metals varied greatly, among which the contents of Cr, Cu, Zn and Pb were higher and the detected contents of Hg and Cd were lower. The single factor pollution index values of Cr in Jian'ou peach orchard and Cd in Minhou peach orchard were greater than 1, reaching the pollution level. The Nemero comprehensive pollution index values of peach orchards in Jian'ou and Minhou were in the range of 0.7 to 1.0, and the pollution level reached the alert line. Seven antibiotics were detected in organic fertilizer and five in soil, and the contents of antibiotics detected in soil was basically higher than the contents in organic fertilizers, especially enrofloxacin and ciprofloxacin which belongs to quinolones. In short, peach producing areas should strengthen fertilization, adjust the nutrient input ratios to ensure balanced nutrient absorption. Although the overall pollution level of heavy metals and antibiotics in the soil were relatively low, it is still necessary to be vigilant.

Key words: peach orchards; soil nutrients; heavy metals; antibiotics