

露地和大棚栽培模式下 2 种柑橘果品和农药残留量的差异研究

黄宏明, 廖惠红*, 刘福平, 黄其椿, 王茜, 汪妮娜, 陈香玲, 刘要鑫, 欧智涛 (广西壮族自治区农业科学院园艺研究所/农业农村部南宁亚热带果树科学观测实验站/广西柑橘黄龙病防控工程技术研究中心, 广西南宁 530007)

摘要 为探究茂谷柑和沃柑的最佳种植模式, 在露地和大棚栽培模式下进行茂谷柑、沃柑的果品和农药残留差异研究。结果表明, 茂谷柑在露地和大棚栽培模式下, 纵径分别为(53.36±2.88)和(52.31±3.46)mm, 横径分别为(70.43±3.64)和(71.38±4.42)mm, 单果质量分别为(153.59±6.77)和(155.92±5.26)g, 不同栽培模式下茂谷柑的纵横径和单果质量均无显著差异($P>0.05$)。沃柑在露地和大棚栽培模式下, 纵径分别为(61.35±3.58)和(60.97±3.26)mm, 横径分别为(79.40±3.84)和(79.10±4.42)mm, 单果质量分别为(200.34±12.97)和(191.99±13.96)g, 纵横径和单果质量在不同栽培模式下亦无显著差异($P>0.05$)。露地栽培下茂谷柑和沃柑的果实农药残留量低于大棚栽培, 均低于我国食品中最大残留限量。综上所述, 2 种栽培模式对茂谷柑和沃柑纵横径、单果质量均无影响, 但果实中农药残留量具有差异, 因此, 可推荐使用露地栽培模式, 可减少农药残留量, 提高果实品质。

关键词 茂谷柑; 沃柑; 纵横径; 农药残留

中图分类号 S666

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)08-0052-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.08.014



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Differences of Fruit Quality and Pesticide Residues between Two Citrus Species under Open Field and Greenhouse Cultivation Modes

HUANG Hong-ming, LIAO Hui-hong, LIU Fu-ping et al (Horticultural Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/South Asian Tropical Fruit Tree Scientific Observation Station(Nanning), Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Guangxi Citrus Huanglong-bing Prevention and Control Engineering Technology Research Center, Nanning, Guangxi 530007)

Abstract In order to explore the best planting mode of murcott and fertile orange, the differences of fruit quality and pesticide residues between murcott and fertile orange were studied under open field and greenhouse cultivation modes. Under the open field and greenhouse cultivation modes, the longitudinal diameter of murcott was (53.36±2.88) and (52.31±3.46) mm, the transverse diameter was (70.43±3.64) and (71.38±4.42) mm, and the single fruit mass was (153.59±6.77) and (155.92±5.26) g, respectively. There was no significant difference in the vertical and horizontal diameter and single fruit mass of murcott under different cultivation modes ($P>0.05$). Under the open field and greenhouse cultivation modes, the longitudinal diameter of fertile orange was (61.35±3.58) and (60.97±3.26) mm, the transverse diameter was (79.40±3.84) and (79.10±4.42) mm, and the single fruit mass was (200.34±12.97) and (191.99±13.96) g, respectively. There was no significant difference in vertical and horizontal diameter and single fruit mass under different cultivation modes ($P>0.05$). The pesticide residues in the fruits of murcott and fertile orange under open cultivation were lower than those under greenhouse cultivation, and both were lower than the maximum residue limit in food in China. To sum up, the two cultivation modes had no effect on the vertical and horizontal diameter and single fruit quality of murcott and fertile orange, but there were differences in pesticide residues in fruits. Therefore, open field cultivation mode could be recommended to reduce pesticide residues and improve fruit quality.

Key words Murcott; Fertile orange; Vertical and horizontal diameter; Pesticide residue

柑橘是全球第一大种植水果, 我国的柑橘种植面积和产量均为全球首位。在我国, 柑橘仍以露地栽培模式为主, 栽培品种以温州蜜柑和中、晚熟杂柑为多, 设施栽培和新品种的引入起步较晚。与传统的露地栽培相比, 大棚栽培对柑橘的生长、果实品质及农药的消解代谢等均可能有不同程度的影响。汪未根等^[1]研究发现沃柑在浙江地区露天栽培生长情况不如大棚中栽培; 张少华等^[2]研究发现大棚内红美人树高、树冠生长量比露地快, 果实单果重相差不大, 维生素 C、可滴定酸、总糖 3 个因子, 露地高于大棚; 王登亮等^[3]发现大棚栽培和露天栽培相比, 椪柑的不同香气成分指标均有不同程度的差异。柑橘在生长周期中, 病虫害发生较多, 主要有红蜘蛛、蚧壳虫、潜叶蛾、炭疽病、疮痂病、树脂病等^[4-5], 危害日趋严重, 目前病虫害的防治仍以化学农药防治为主, 随着病虫害抗性的逐年增强, 柑橘的农药使用量也越来越多, 柑

橘的农药残留已成为大众关注的焦点, 相关研究较多^[6-8], 但关于不同栽培模式下柑橘农药残留的差异研究尚未见相关报道。

沃柑是由中国农业科学院柑橘研究所杂交的新品种, 具有树势强健、果实饱满、果肉嫩滑、皮薄汁多、营养成分较高、晚熟、果实采收期长等特点, 是一种晚熟杂柑良种^[9]。茂谷柑是美国佛罗里达州迈阿密农业试验所培育的品种, 与沃柑同为晚熟杂柑^[10]。因其均具有良好的经济价值和市场前景, 广西地区气候环境优越, 沃柑和茂谷柑引入广西后种植面积快速发展。为配合当地柑橘产业发展, 同时为满足消费者对柑橘果实品质越来越高的要求, 笔者开展露地栽培和大棚栽培不同模式下 2 种晚熟杂柑果品和农残的差异研究, 以期明确沃柑和茂谷柑的最佳栽培方式, 对提升柑橘果实品质和生产效益具有指导意义, 同时也符合柑橘产业发展的趋势。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地点位于南宁市武鸣区府城镇永共村, 该基地地势平坦。试验材料为 4 年生沃柑、4 年生茂谷柑, 大棚中柑橘均为移入种植 1 年以上, 土壤肥力中等, 有机质含量丰富, 土壤以红壤和黄红壤为主。露地栽培和大棚栽

基金项目 广西创新驱动发展专项资金项目(桂科 AA18118046-7)。
作者简介 黄宏明(1974—), 男, 壮族, 广西崇左人, 助理研究员, 硕士, 从事柑橘栽培及病虫害防治研究。* 通信作者, 研究员, 博士, 从事柑橘黄龙病研究。

收稿日期 2021-11-15

培水肥管理完全一致,年施肥 2 次,3 月中下旬促梢肥为辅,7 月中下旬壮果肥为主,肥料为腐熟牛羊粪、复合肥、钙镁磷肥等,施肥方法采用环施,试验田中杂草均采用人工除草。茂谷柑和沃柑露地栽培、大棚栽培均设置 2 个重复。

1.2 大棚搭建 大棚肩高 3 m、顶高 5 m、跨度 10 m,棚顶、裙边全部铺设一层网眼 1 cm×1 cm 的尼龙绳网,既通风又能防鸟。然后整体覆盖棚膜,裙边和大棚两头棚膜可自由卷起、放下,便于通风。

1.3 仪器与试剂 仪器:移液枪(吉尔森),型号 M1000;背负式电动喷雾器(农家园),型号 3WBD-16L;百分之一电子天平(湘仪天平),型号 TP-1000A;超高效液相色谱串联质谱(美国安捷伦),型号 Waters Xevo TQ-S IVD;游标卡尺、量杯等。

试剂:乙腈,质谱纯,霍尼韦尔贸易(上海)有限公司;甲酸,质谱纯,上海安谱实验科技股份有限公司;45%联脲·乙炔唑悬浮剂,上海悦联生物科技有限公司;21%噻虫嗪悬浮剂,柳州市惠农化工有限公司;10%吡虫啉可湿性粉剂,上海升联化工有限公司;1.8%阿维菌素乳油,柳州市惠农化工有限公司等。

1.4 果品测量 柑橘采摘后,分别以露地茂谷柑、大棚茂谷柑、露地沃柑、大棚沃柑分组,从每组每个重复中随机挑选 15 个柑橘果实进行纵横、横径及单果重量的测量,比较露地栽培和大棚栽培条件下柑橘的大小和单果重量差异。

1.5 残留分析 试验期间,采用化学农药进行柑橘病虫害的防治,2 种柑橘在 2 种栽培模式下同时进行施药,且施药使用剂量保持一致。柑橘成熟后取柑橘全果样品带皮切碎,2 个重复中样品混合处理,放入料理机中,高速匀浆均质后装入洁净的塑料样品盒中,密封后于-20℃冰箱保存待测。样品提取:取匀浆后的样品,准确称取 10.00 g,加入 20.0 mL 乙腈,涡旋提取 1 min,加入 3.5 g 氯化钠,再涡旋提取 1 min。4 000 r/min 离心 5 min。上清液待净化。净化方法:取 2 mL 上述提取上清液,转移至装有 25 mg PSA、50 mg C₁₈、150 mg 无水 MgSO₄ 的 QuEChERS 分散固相萃取管中振荡 2 min,4 000 r/min 离心 5 min,上清液过 0.22 μm 有机微孔滤膜,待 UPLC-MS/MS 测定。

1.6 分析条件 色谱条件:色谱柱 ACQUITY UPLC BEH C₁₈ 色谱柱(2.1 mm×100 mm,1.7 μm,美国 Waters 公司);流动相 A:乙腈,流动相 B:0.1%甲酸溶液。梯度洗脱程序为 0~0.8 min,10%~40%A;0.8~2.8 min,40%~60%A;2.8~3.8 min,60%~80%A;3.8~4.7 min,80%~90%A;4.7~5.7 min,90%A;5.7~6.0 min,90%~10%A;6.0~7.0 min,10%A;柱温 35℃,流速 0.3 mL/min,进样体积 2.0 μL。质谱条件:采用电喷雾 ESI+离子源;多反应监测(MRM)模式;脱溶剂气温度 350℃,电喷雾电压 3.0 kV,离子源温度 150℃,脱溶剂气体流速 600 L/h。在分析过程中,以离子对(母离子和 2 个子离子)信息比较进行定性分析;以母离子和响应值最高的子离子进行定量分析。被试农药在多反应监测模式下的质谱参数见表 1。

1.7 统计分析 采用 SPSS 19.0 软件对试验数据进行整理统计、差异显著性分析。

表 1 乙炔唑、吡虫啉、联苯胍酯、噻虫嗪和阿维菌素的质谱参数

Table 1 Mass spectrum parameters of amidazole, imidacloprid, biphenyl hydrazide, thiamethoxam and abamectin

序号 No.	化合物 Chemical compound	母离子 (<i>m/z</i>) Parent ion	子离子 (<i>m/z</i>) Daughter ion	去簇电压 Declustering potential//V	碰撞电压 Collision voltage//V
1	乙炔唑	360.1	140.98 177.07*	96 96	22 18
2	吡虫啉	256.1	175.1 209.1*	30 30	19 16
3	联苯胍酯	301.1	198 170*	10 10	10 20
4	噻虫嗪	292.1	181.04 211.02*	8 8	22 10
5	阿维菌素	890.6	567.4 305.2*	30 30	11 25

注:*为化合物的定量离子

Note:* was the quantitative ion of the compound

2 结果与分析

2.1 果品测量结果 对露地、大棚栽培模式下的茂谷柑和沃柑的抽样果实进行纵径、横径的测量,结果见图 1。由图 1 可知,茂谷柑在露地和大棚栽培模式下,纵径分别为(53.36±2.88)和(52.31±3.46) mm,横径分别为(70.43±3.64)和(71.38±4.42) mm,不同栽培模式下茂谷柑的纵横径均无显著差异($P>0.05$)。沃柑在露地和大棚栽培模式下,纵径分别为(61.35±3.58)和(60.97±3.26) mm,横径分别为(79.40±3.84)和(79.10±4.42) mm,纵横径在不同栽培模式下也无显著差异($P>0.05$)。不同栽培模式下茂谷柑和沃柑单果质量见图 2。由图 2 可知,茂谷柑在露地和大棚栽培模式下单果质量分别为(153.59±6.77)和(155.92±5.26) g,无显著差异($P>0.05$),沃柑在露地和大棚栽培模式下单果质量分别为(200.34±12.97)和(191.99±13.96) g,2 种栽培模式下柑橘单果质量无显著差异($P>0.05$)。

2.2 农药残留分析 对柑橘中乙炔唑、吡虫啉、噻虫嗪、阿维菌素和联苯胍酯的残留量进行测定,比较不同栽培模式下茂谷柑和沃柑农药残留量的差异,结果见表 2。由表 2 可知,根据目标物的保留时间和质谱离子相对丰度比定性,5 种化合物的方法检出限均为 0.000 25 mg/kg,在露地和大棚栽培模式下,2 种柑橘中乙炔唑、吡虫啉和联苯胍酯均有检出,但噻虫嗪和阿维菌素均未检出。在不同栽培模式下的茂谷柑中,大棚栽培模式下化合物的检出量均高于露地栽培模式,其中吡虫啉在大棚栽培下检出量最高,为 0.443 mg/kg。在不同栽培模式下的沃柑中,乙炔唑和吡虫啉在露地栽培模式下的检出量低于大棚栽培,但联苯胍酯在露地栽培下检出量略高于大棚栽培,相差 0.001 mg/kg,其中吡虫啉在大棚栽培模式下检出量最高,为 0.485 mg/kg。在露地栽培模式下,茂谷柑和沃柑的农残检测中,均以吡虫啉检出量最高。根据《GB 2763—2021 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》规定,乙炔唑、吡虫啉、噻虫嗪、阿维菌素和联苯胍酯在水果(柑、橘、橙)中最大残留限量分别为 0.5、1、0.5、0.02、0.7 mg/kg^[11],所有样品均合格。

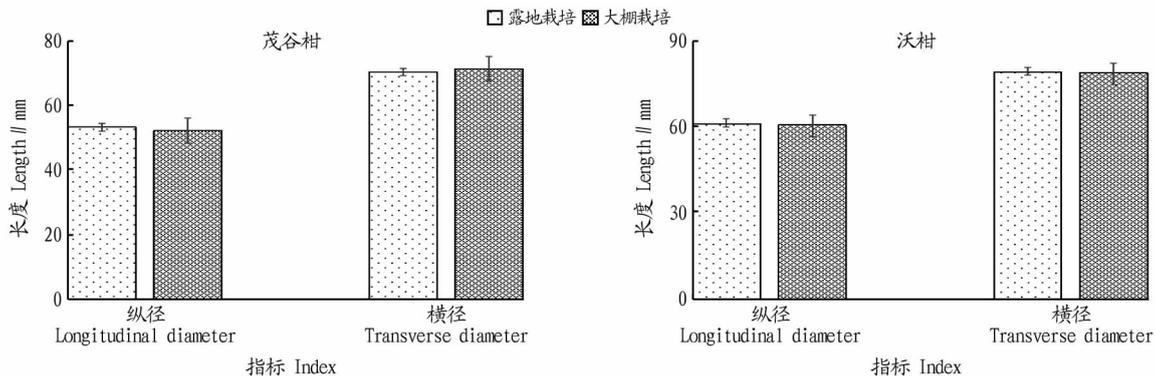


图1 柑橘纵径和横径

Fig.1 Longitudinal diameter and transverse diameter of citrus

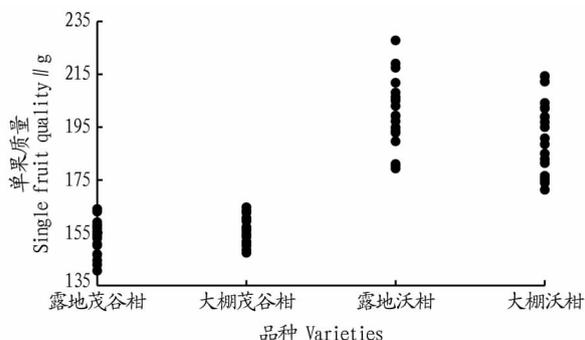


图2 柑橘单果质量

Fig.2 Single fruit quality of citrus

3 结论与讨论

在露地和大棚栽培模式下,茂谷柑的纵横径和单果质量均相差不大,组间无显著差异($P < 0.05$),说明茂谷柑2种栽培模式对果实大小和质量无影响,大棚栽培单果质量较露地略大。沃柑在2种栽培模式下,纵横径、单果质量均无显著差异($P < 0.05$),但露地栽培的沃柑平均单果质量大于大棚栽培。这与汤狄华等^[12]研究结果类似,露地和网棚种植单果质量无显著差异,但露地栽培单果质量小于网棚。大棚种植柑橘,在一定程度上可以减少虫害的发生,但与露地种植相比,大棚上的棚膜和防虫网可降低柑橘网室内的光照强度和光照时间,提高土壤温度,同时提高网室内的温度和相对湿度

表2 柑橘果实农药残留检测结果

Table 2 Test results of pesticide residues in citrus fruits

mg/kg

序号 No.	品种 Varieties	乙螨唑 Etoxazole	吡虫啉 Imidacloprid	噻虫嗪 Thiamethoxam	阿维菌素 Avermectin	联苯胍酯 Diphenyl hydrazine
1	露地茂谷柑	0.007 0	0.009	ND	ND	0.003 0
2	大棚茂谷柑	0.092 2	0.443	ND	ND	0.011 6
3	露地沃柑	0.012 3	0.310	ND	ND	0.025 0
4	大棚沃柑	0.203 0	0.485	ND	ND	0.024 0

注:ND表示未检出,方法检出限为0.25 μg/kg

Note:ND means not detected, and the detection limit of the method is 0.25 μg/kg

度^[13-14],因此,露地和大棚栽培下果实品质具有一定的差异。该研究发现,在露地和大棚栽培模式下,茂谷柑和沃柑的果实纵横径和果实质量均无显著影响。

在2种栽培模式下,噻虫嗪和阿维菌素均未检出,其残留量小于0.25 μg/kg,而乙螨唑、吡虫啉和联苯胍酯总体而言,大棚栽培检出量大于露地栽培,这可能是由于露地栽培有雨水冲刷,导致露地柑橘中农药残留量低于大棚栽培,正如套袋处理后乙螨唑的半衰期长于无套袋处理的蜜柚^[15]。其中大棚栽培茂谷柑的吡虫啉检出量最高,是露地栽培的49.22倍,而沃柑2种栽培方式相差较小。根据我国食品中农药最大残留限量规定,此次5种化合物的残留限量均低于我国限量规定。

茂谷柑和沃柑在露地和大棚栽培模式下果实纵横径和单果质量均无显著差异,但在农药残留中,露地栽培残留量比大棚栽培低,因此,在广西地区,茂谷柑和沃柑的栽培方式推荐露地栽培。但该研究仍存在一些不完整性需要后续补

充,如不同栽培模式下,果实在营养方面、生长发育方面的差异;柑橘生长过程中,杀菌剂和除草剂也大量使用,还需进行不同栽培模式下代表性杀虫剂、杀菌剂和除草剂的农药残留差异研究,以期为茂谷柑和沃柑的最佳栽培方式提供理论依据。

参考文献

- [1] 汪末根,刘灵敏,江雪芳,等.杂柑品种沃柑高品质设施栽培技术示范[J].浙江柑橘,2020,37(4):23-24.
- [2] 张少华,林建荣,沈必芬,等.景宁红美人柑橘大棚与露地栽培试验[J].中国林副特产,2020(6):17-18.
- [3] 王登亮,孙建城,刘春荣,等.大棚设施栽培对柑橘香气成分的影响[J].浙江农业科学,2020,61(9):1791-1794,1815.
- [4] 赵建聪.柑橘栽培管理和病虫害防治技术研究[J].南方农机,2019,50(18):80,151.
- [5] 王天松.柑橘栽培管理及病虫害防治关键技术分析[J].种子科技,2019,37(6):94.
- [6] 江伊彤,张佳铭,陈定宁,等.超高效液相色谱-串联质谱法检测柑橘中的氟唑菌酰胺残留量[J].食品安全质量检测学报,2021,12(14):5513-5518.

(下转第60页)

(5.77)。生物炭是富含碳的有机物质,孔隙结构发达、比表面积大、吸附性强^[23],生物炭通过增加土壤的阳离子交换量,提高土壤 pH,同时生成难溶性的有机络合物来降低重金属 Cd 的生物有效性^[24-26],从而减小对发光菌的毒害作用;该研究中采用的生物有机肥也偏碱性,因此在施入土壤后土壤 pH 略有提高,这与张丽等^[27-28]的研究结论一致。

此次研究中不同调理剂施入土壤,不同程度地提高了土壤 pH,降低了土壤中有效 Cd 含量以及对发光菌的抑制率,即降低了 Cd 对发光菌的毒性。土壤有效态 Cd 含量表现为白云石<生物炭<生物有机肥;Cd 污染土壤对发光菌的抑制率表现为白云石<生物炭<生物有机肥。青海弧菌的发光菌抑制率(γ)与土壤有效 Cd 含量(x)具有极显著的正相关,其回归方程为 $y=4.471 2x+8.333 7(R^2=0.982)$ 。说明发光菌方法测定重金属生物毒性与化学方法测定重金属含量和有效性的结果有高度一致性。因此,以发光菌为指示生物来测定土壤中重金属的生物毒性可行性较高。

4 结论

(1)相较于超纯水和 CaCl₂ 溶液,使用 0.1 mol/L HCl 溶液浸提土壤中重金属 Cd 的效率最高,浸提的最佳时间为 2.0 h。

(2)不同浓度 Cd 污染土壤浸提液对青海弧菌 Q67 的生物毒性存在良好的剂量-效应关系,可以利用青海弧菌 Q67 发光菌法快速评价土壤 Cd 的生物毒性。

(3)土壤的生物毒性与其中所含的污染物浓度密切相关,毒性试验结果与土壤理化指标具有较好的相关性,可见,结合化学分析与生物毒性检测是进行污染土壤综合评价和危害识别的重要手段。

综上所述,使用发光菌法对重金属污染土壤的生物毒性进行测定和评价具有可行性。将发光菌法与化学方法相结合用于污染物急性毒性的快速筛查可获得更准确的结果。后续研究可扩大污染土壤的重金属浓度范围,同时要考虑土壤中多种污染物复合污染条件下的生物毒性,并尝试使用其他发光菌种进行检测。

参考文献

- [1] 环境保护部,国土资源部.全国土壤污染状况调查公报(2014年4月17日)[J].环境教育,2014(6):8-10.
- [2] MWESIGYE A R, YOUNG S D, BAILEY E H, et al. Population exposure to trace elements in the Kilemba copper mine area, Western Uganda: A pilot study[J]. The science of the total environment, 2016, 573: 366-375.
- [3] 陈能场,郑煜基,何晓峰,等.《全国土壤污染状况调查公报》探析[J].农业环境科学学报,2017,36(9):1689-1692.
- [4] MOYNIHAN M, PETERSON K E, CANTORAL A, et al. Dietary predictors

of urinary cadmium among pregnant women and children[J]. Science of the total environment, 2017, 575: 1255-1262.

- [5] 赵方杰,谢婉滢,汪翊.土壤与人体健康[J].土壤学报,2020,57(1):1-11.
- [6] 周明霞.发光细菌的分离鉴定以及用于环境毒性检测的系统研究[D].长沙:湖南师范大学,2012.
- [7] QU R J, WANG X H, LIU Z T, et al. Development of a model to predict the effect of water chemistry on the acute toxicity of cadmium to *Photobacterium phosphoreum*[J]. Journal of hazardous materials, 2013, 262(15): 288-296.
- [8] 吴晓壬,罗剑飞,朱兴江,等. DMSO 胁迫提高发光细菌毒性实验敏感度的研究[J].现代食品科技,2017,33(5):298-304.
- [9] 徐恒蒲,孟一鸣,李澳,等.重金属污染土壤生物毒性的发光菌法测定及评价[J].化工环保,2019,39(5):538-544.
- [10] 国家环境保护局,国家技术监督局.水质 急性毒性的测定 发光细菌法:GB/T 15441—1995[S].北京:中国标准出版社,1996.
- [11] WANG X H, QU R J, WEI Z B, et al. Effect of water quality on mercury toxicity to *Photobacterium phosphoreum*: Model development and its application in natural waters[J]. Ecotoxicology and environmental safety, 2014, 104: 231-238.
- [12] 许霞,薛银刚,刘菲,等.废弃农药厂污染场地土壤浸出液的急性毒性和遗传毒性筛查[J].生态毒理学报,2017,12(6):223-232.
- [13] 生态环境部,国家市场监督管理总局.土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行):GB 15618—2018[S].北京:中国环境科学出版社,2018.
- [14] 韦东普.应用发光细菌法测定我国土壤中铜、镍毒性的研究[D].北京:中国农业科学院,2010:16-18.
- [15] 周上洋,赵建亮,黄国勇,等.重金属 Zn, Cu 和 Hg 对基因重组发光菌的综合毒性及其联合效应[J].华南师范大学学报(自然科学版),2018,50(1):33-37.
- [16] 张传琦.土壤中重金属砷、镉、铅、铬、汞有效态浸提剂的研究[D].合肥:安徽农业大学,2011:31-37.
- [17] 陈齐,邓潇,陈珊,等.典型土壤不同提取态 Cd 与水稻吸收累积的关系[J].环境科学,2017,38(6):2538-2545.
- [18] MCBRIDE M B. Cadmium uptake by crops estimated from soil total cd and pH[J]. Soil science, 2002, 167(1): 62-67.
- [19] 陈静,刘荣辉,陈岩贵,等.重金属污染对土壤微生物生态的影响[J].生命科学,2018,30(6):667-672.
- [20] 韦东普,马义兵,陈世宝,等.发光细菌法测定环境中金属毒性的研究进展[J].生态学杂志,2008,27(8):1413-1421.
- [21] 姜超强,董建江,徐经年,等.改良剂对土壤酸碱度和烤烟生长及烟叶中重金属含量的影响[J].土壤,2015,47(1):171-176.
- [22] HALE B, EVANS L, LAMBERT R. Effects of cement or lime on Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Sb and Zn mobility in field-contaminated and aged soils[J]. Journal of hazardous materials, 2012, 199/200: 119-127.
- [23] 姜志翔,郑浩,李锋民,等.生物炭技术缓解我国温室效应潜力初步评估[J].环境科学,2013,34(6):2486-2492.
- [24] 冯敬云,聂新星,刘波,等.镉污染农田原位钝化修复效果及其机理研究进展[J].农业资源与环境学报,2021,38(5):764-777.
- [25] 刘阿梅,向言词,田代科,等.生物炭对植物生长发育及重金属镉污染吸收的影响[J].水土保持学报,2013,27(5):193-198,204.
- [26] PARK J H, LAMB D, PANEERSELVAM P, et al. Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils[J]. Journal of hazardous materials, 2011, 185(2/3): 549-574.
- [27] 张丽,侯萌瑶,安毅,等.生物炭对水稻根际微域土壤 Cd 生物有效性及水稻 Cd 含量的影响[J].农业环境科学学报,2017,36(4):665-671.
- [28] 迟苏琳,徐卫红,熊仕娟,等.不同镉水平下纳米沸石对土壤 pH、CEC 及 Cd 形态的影响[J].环境科学,2017,38(4):1654-1666.

(上接第 54 页)

- [7] 莫勤妹.气相色谱-质谱联用仪同时测定柑橘中 9 种农药残留[J].现代食品,2021(9):147-150.
- [8] 韦菲,吴常智,龙秋均,等.5 种高检出农药在柑橘中残留的气相色谱分析方法研究[J].安徽农业科学,2020,48(17):210-212.
- [9] 黄海生,唐东坚.沃柑在南宁种植表现及早结丰产优质栽培技术[J].广西农学报,2015,30(5):56-59.
- [10] 陶修生.茂谷柑在广西兴安区的引种表现及幼树管理技术要点[J].南方农业,2021,15(6):54-55.
- [11] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,中华人民共和国农业农村部,

国家市场监督管理总局.食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量:GB 2763—2021[S].北京:中国标准出版社,2021.

- [12] 汤狄华,黄桂香,周彩霞,等.网棚栽培对沃柑物候期和果实发育的影响[J].江苏农业科学,2019,47(8):168-171.
- [13] 张小凤,郭雁君,蒋惠,等.冬季防虫网内外环境因子变化对砂糖橘冬梢生长的影响[J].湖北林业科技,2017,46(5):23-26.
- [14] 张小凤,郭雁君,蒋惠,等.广东肇庆地区柑橘防虫网栽培条件下环境因素的变化[J].中国园艺文摘,2017,33(9):57-60,175.
- [15] 胡或娟.‘琯溪蜜柚’中乙麟唑、啉虫脒的残留测定及套袋对残留的影响[J].农学报,2021,11(1):62-66.