中国农业大学学报 2024,29(7):114-128
Journal of China Agricultural University http://zgnydxxb.ijournals.cn

刘莲莲,张宪,严颖,杨斌华,李学贤.我国柑橘类农药登记现状及其绿色食品生产适用性分析[J].中国农业大学学报,2024,29(07):114-128.
LIU Lianlian, ZHANG Xian, YAN Ying, YANG Binhua, LI Xuexian. Current status of citrus pesticide registration and its applicability analysis in green food production in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(07): 114-128.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.07.11

# 我国柑橘类农药登记现状及其绿色食品生产适用性分析

刘莲莲[1] 张 宪[2] 严 颖[3] 杨斌华[3] 李学贤[1*]

(1. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193;
2. 中国绿色食品发展中心,北京 100081;
3. 于都县富硒产业发展中心,江西 赣州 342300)

**摘 要** 为科学防治病虫草害,保障柑橘优质丰产,本研究通过检索中国农药信息网农药登记数据库,分析了我国用于防治柑橘病虫草害的农药登记现状。结果表明:截至2023年8月24日,我国柑橘登记的处于有效状态的农药产品有3 243个,其中符合NY/T 393—2020《绿色食品 农药使用准则》规定的AA级绿色食品生产允许使用的农药产品268个,涉及有效成分29种。A级绿色食品生产中允许使用的农药产品929个,涵盖45种有效成分;其中,24种成分最大残留限量高于国际食品法典委员会(CAC)或欧盟标准。因此,应加强农药特别是生物农药及环保剂型研发力度,鼓励企业登记,并不断强化农残限量管理与标准修订,以期为柑橘病虫草害绿色防控提供参考,促进柑橘产业绿色可持续发展。

**关键词** 柑橘;农药登记;病虫草害;绿色食品;最大残留限量

**中图分类号** S435.79 **文章编号** 1007-4333(2024)07-0114-15 **文献标志码** A

# Current status of citrus pesticide registration and its applicability analysis in green food production in China

LIU Lianlian[1], ZHANG Xian[2], YAN Ying[3], YANG Binhua[3], LI Xuexian[1*]

(1. College of Resources and Environment Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. China Green Food Development Center, Beijing 100081, China;
3. Yudu Selenium-rich Industry Development Center, Ganzhou 342300, China)

**Abstract** In order to scientifically control diseases, pests and weeds and ensure good quality and high yields of citrus, this study analyzed the current status of pesticide registration in relation to citrus diseases, pests and weeds in China by searching the pesticide registration database of the China Pesticide Information Network. The results showed that: Until August 24th, 2023, there were 3 243 registered pesticide products active for citrus production in China. According to the NY/T 393—2020 Green food-guideline for application of pesticide, 268 out of 3 243 products containing 29 types of active ingredients were applicable in AA-grade green food production, and another set of 929 products with 45 active ingredients were applied to A-grade green food production. Notably, the Maximum Residue Limits (MRLs) of 24 ingredients are higher than those in Codex Alimentarius Commission (CAC) or EU standards. Therefore, tremendous efforts should be made to develop pesticides, especially biopesticides and environment-friendly formulas, encourage more pesticide registrations and upgrade MRL standards as well

收稿日期:2023-12-11
基金项目:绿色食品绿色防控技术指南项目(中绿[2023]0062号)
第一作者:刘莲莲(ORCID:0009-0009-2424-9410),硕士研究生,E-mail:liulianlianshine@163.com
通讯作者:李学贤(ORCID:0000-0002-0863-9250),教授,主要从事分高效利用的生理过程研究,E-mail:steve@cau.edu.cn

as strict regulations. This study provided references for the green prevention and control of citrus diseases, pests and weeds and the promotion of the green and sustainable development industry.

**Keywords**　citrus; pesticide registration; diseases, pests, and weeds; green food; maximum residue limit

柑橘属于芸香科（Rutaceae）柑橘亚科（Arantioideae）柑橘属（*Citrus*）植物，是世界上最重要的经济作物之一，占世界水果总产量的四分之一[1]。柑橘品类众多，包括宽皮柑橘、橙、柚子、葡萄柚、柠檬和来檬等[2]。中国、巴西和美国等140多个国家和地区柑橘种植面积达1 055.30万 $hm^2$，产量16 630.30万 t[3]。中国是世界第一大柑橘生产与销售国，近年来种植面积和产量不断增加，2022年面积约303.35万 $hm^2$，产量6 003.9万 t[4-5]。但我国柑橘产业大而不强，同美国和巴西等国有较大差距[1]。

柑橘是我国南方栽培面积最广、经济地位最重要的果树，对产业扶贫和乡村振兴具有特殊的意义[6]。随着环保与健康意识提高及柑橘产业国际化和信息化的发展，绿色、有机柑橘正逐步成为百姓消费的热点[7]，高品质、多样化及周年均衡供应的需求不断提高[8]。但是近年来，我国柑橘产业受自然因素（温度、降水、土壤质量）、生产技术（品种、栽培技术、农资投入）与经营模式等多种因素的影响，出现了品种良莠不齐、防病虫害能力弱、品牌意识不强、经营模式落后和季节性卖果难[9]等问题。为促进柑橘产业绿色优质发展，亟待加强品种改良、减肥减药原理与技术[6]、提质增效路径等方面研究[10]。

农药在柑橘生产周期中发挥着重要作用，直接影响柑橘产量和品质。近几年受极端气候和病虫草害的影响，柑橘绿色生产中农药的选用更加具有挑战性。此外，柑橘种植以小农户为主，果园布局较分散，面积较小，缺乏标准种植技术，且存在超频超量用药、针对性不强的“保险药”和除草剂泛滥等问题，加剧了低端水果总量过剩和高端水果供应不足的问题[11]。柑橘病虫草害种类繁多，盲目用药导致病虫抗药性增强，生产者因此增加用药浓度和频率，导致农药残留超标，影响柑橘安全品质和生态环境。相比化学农药，生物农药是一种环境友好、病虫害防治特异性高的绿色农药[12]，不仅可以克服化学农药的抗药性，而且可以满足绿色食品生产要求[13]。

绿色植保技术及优质农产品是未来柑橘生产发展的方向，“十四五”是我国深入实施农药化肥减量行动、加强产地环境保护治理和推进农业绿色发展的关键时期。2021年赵家进等[14]首次对柑橘农药登记情况及绿色食品生产允许使用的农药进行了分析。但是，农药产业发展迅速，尤其生物农药因其优势得到较快发展，新产品不断涌现[15-16]。因此，需要进一步规范柑橘生产中的农药种类及使用标准以满足柑橘生产面临的新需求。本研究对绿色食品柑橘生产中主要病虫草害及可适用农药进行梳理归纳，以期为柑橘病虫草害绿色防控提供参考，为未来农药绿色发展提供依据。

## 1　材料与方法

农药登记数据来源于中国农药信息网农药登记数据中心（http://www.chinapesticide.org.cn/zwb/dataCenter）[17]。具体查询方式：进入中国农药信息网数据中心“农药登记”栏目的“农药登记数据”查询界面，在“农药类别”中先后输入“杀虫剂”“杀螨剂”“杀菌剂”“除草剂”“植物生长调节剂”，并在“作物/场所”中输入“柑橘”，不勾选“包括已过有效期产品”，有效截止日期设置为2023年8月24日进行检索，获得柑橘农化投入品的“登记证号”、“农药名称”、“农药类别”、“剂型”、“总含量”、“登记证持有人（即生产企业）”。点击登记证号的标签信息，获取该产品的有效成分及其含量、使用范围和使用方法、使用技术要求、产品性能、注意事项等详细信息。点击登记证持有人即企业信息，可查询生产企业地址、电话和传真等信息。将查询所得数据输入Excel表格分类整理。

中国农药最大残留限量数据来源于GB 2763.1—2022[18]和GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》[19]，国际食品法典委员会（CAC）最大残留限量数据来源于官方网站[20]，欧盟残留限量数据来源于官方网站[21]。

## 2　结果与分析

### 2.1　我国柑橘类农药登记现状

在中国农药信息网农药登记数据库中检索发现，截至2023年8月24日，我国在柑橘上登记的处于有效状态的农药产品有3 243个。其中农药登记类别部分存在交叉现象，杀虫剂有1 515个产品，占登记农药总数的46.73%；杀螨剂684个产品，占

21.09%；杀菌剂537个产品，占16.56%；除草剂475个产品，占14.65%；植物生长调节剂132个产品，占4.07%。我国的农药毒性从高到低分为剧毒、高毒、中等毒、低毒和微毒5个等级[22-23]。柑橘登记的农药产品无剧毒和高毒产品，中等毒产品541个，占登记农药总数的16.68%；低毒产品2 494个，占登记农药总数的76.90%；微毒产品208个，占登记农药总数的6.41%。

**2.1.1** 柑橘类杀虫剂/杀螨剂的登记情况

我国柑橘生产应用的杀虫剂有效成分共189种，其中单剂有效成分69种，混剂有效成分120种。杀虫剂登记数量远高于其他种类，总计1 515个。其中，单剂共994个产品，登记数量前5名的农药依次为啶虫脒（188个）、阿维菌素（100个）、螺螨酯（58个）、矿物油（53个）、乙螨唑（51个），合计占比29.70%；混剂共521个产品，登记数量前5名的农药依次为阿维·螺螨酯（52个）、阿维·哒螨灵（35个）、阿维·矿物油（31个）、阿维·乙螨唑（31个）、联肼·乙螨唑（28个），合计占比11.68%（表1）。从表2可以看出，登记的1 515个产品中，剂型共有19种，其中数量排在前3的分别为乳油产品（653个）、悬浮剂产品（518个）、可湿性粉剂（169个），合计占比高达88.45%。

**表1 柑橘主要的杀虫剂产品**

Table 1 Main citrus pesticide products

| 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion | 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 单剂 Single agentia | 啶虫脒 | 188 | 12.41 | 混剂 Mixed agentia | 阿维·螺螨酯 | 52 | 3.43 |
| | 阿维菌素 | 100 | 6.60 | | 阿维·哒螨灵 | 35 | 2.31 |
| | 螺螨酯 | 58 | 3.83 | | 阿维·矿物油、阿维·乙螨唑 | 31 | 2.05 |
| | 矿物油 | 53 | 3.50 | | 联肼·乙螨唑 | 28 | 1.85 |
| | 乙螨唑 | 51 | 3.37 | | 阿维·炔螨特 | 20 | 1.32 |
| | 氰戊菊酯 | 38 | 2.51 | | 氯氰·毒死蜱 | 16 | 1.06 |
| | 毒死蜱、噻嗪酮 | 37 | 2.44 | | 甲氰·噻螨酮 | 15 | 0.99 |
| | 甲氰菊酯 | 32 | 2.11 | | 炔螨·矿物油 | 12 | 0.79 |
| | 哒螨灵、高效氯氰菊酯 | 31 | 2.05 | | 阿维·三唑锡、联肼·螺螨酯 | 11 | 0.73 |
| | 炔螨特、唑螨酯 | 25 | 1.65 | | 螺虫·噻嗪酮 | 10 | 0.66 |
| | 联苯肼酯、联苯菊酯 | 23 | 1.52 | | 阿维·螺虫酯 | 8 | 0.53 |
| | 高效氯氟氰菊酯、螺虫乙酯 | 20 | 1.32 | | 阿维·虱螨脲、苯丁·哒螨灵、哒螨·矿物油、哒螨·螺螨酯、啶虫·毒死蜱 | 7 | 0.46 |
| | 噻螨酮 | 16 | 1.06 | | 阿维·甲氰、螺虫·乙螨唑 | 6 | 0.40 |
| | 三唑锡、烯啶虫胺 | 15 | 0.99 | | 阿维·苯丁锡、阿维·毒死蜱、阿维·联苯肼、阿维·四螨嗪、阿维菌素·氟啶胺、哒螨·乙螨唑、丁醚·哒螨灵、螺虫·噻虫嗪、四螨·三唑锡 | 5 | 0.33 |
| | 虱螨脲 | 12 | 0.79 | | 阿维·啶虫脒、阿维·唑螨酯、高氯·啶虫脒、四螨·哒螨灵、乙螨·丁醚脲、乙螨·螺螨酯 | 4 | 0.26 |
| | 其他 | 144 | 9.50 | | 其他 | 125 | 8.25 |

柑橘生产上应用的杀螨剂产品有效成分共83种，其中单剂有效成分24种，混剂有效成分59种。登记的杀螨剂产品总计684个（仅次于杀虫剂），其中单剂476个，如表3所示，登记数量前4名的农药依次

为炔螨特（126个）、三唑锡（90个）、哒螨灵（63个）、苯丁锡（26个），合计占比44.59%；混剂共208个产品，登记数量前4名的农药依次为阿维·哒螨灵（27个）、联肼·乙螨唑（18个）、阿维·矿物油（15个）、哒螨·矿物油（13个），合计占比10.67%（表3）。登记的684个产品中，剂型共有11种，其中数量前3的分别为乳油产品（330个）、悬浮剂产品（198个）、可湿性粉剂（124个），合计占比高达95.32%（表2）。

**表2　柑橘农药与化控产品剂型**

Table 2　Citrus pesticides and chemical products formulations

| 剂型 Formulation | 杀虫剂 Pesticide | | 杀螨剂 Acaricide | | 杀菌剂 Fungicide/Bactericide | | 除草剂 Herbicide | | 植物生长调节剂 Plant growth regulator | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 单剂 | 混剂 | 单剂 | 混剂 | 单剂 | 混剂 | 单剂 | 混剂 | 单剂 | 混剂 |
| 乳油 | 464 | 189 | 229 | 101 | 51 | 4 | — | — | 18 | 1 |
| 悬浮剂 | 250 | 268 | 112 | 86 | 92 | 56 | — | — | 6 | 3 |
| 可湿性粉剂 | 150 | 19 | 112 | 12 | 124 | 35 | 2 | 3 | — | 1 |
| 水乳剂 | 32 | 18 | 2 | 4 | 35 | 10 | — | — | — | — |
| 水分散粒剂 | 18 | 2 | 7 | — | 62 | 24 | 1 | — | 4 | 2 |
| 水剂 | 16 | — | 7 | — | 12 | — | 300 | 2 | 8 | 2 |
| 微乳剂 | 14 | 20 | 3 | 5 | 10 | — | — | — | 2 | |
| 可溶粉剂 | 13 | — | 1 | — | 2 | — | 68 | 1 | 11 | 2 |
| 可溶液剂 | 14 | — | — | — | 8 | — | 18 | 1 | 34 | 18 |
| 原药 | 8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 可分散液剂 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 结晶粉 | 3 | — | 1 | — | 2 | — | — | — | 8 | — |
| 结晶 | 2 | — | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — |
| 饵剂 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 可分散油悬浮剂 | 2 | 1 | — | — | — | 1 | — | 1 | — | — |
| 浓饵剂 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 微囊悬浮剂 | 2 | 2 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — |
| 可溶粒剂 | 1 | — | — | — | 3 | — | 78 | — | 7 | 2 |
| 悬乳剂 | — | 2 | — | — | — | 1 | — | — | — | — |
| 颗粒剂 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — |
| 涂抹剂 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — |
| 油乳剂 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — |
| 粉剂 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 泡腾粒剂 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 液剂 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |

杀虫/杀螨剂的单剂剂型种类和数量（除了悬浮剂、微乳剂、悬乳剂和水乳剂）比混剂多，杀虫剂单剂的剂型种类有18种、混剂剂型总计9种；杀螨剂单剂剂型种类共有11种、混剂剂型总计5种。杀虫剂混剂防治对象有木虱科（木虱）、叶螨科（红蜘蛛）、瘿螨科（锈壁虱、锈蜘蛛）、粉虱科（白粉虱、粉虱、黑刺粉虱）、盾蚧科（矢尖蚧）、蜡蚧科（红蜡蚧）、蚜科（橘蚜、蚜虫）、实蝇科（橘大实蝇）、潜叶蛾科（潜叶蛾）、象虫科（灰象甲）等虫害；单剂主要防治对象有木虱科（木虱）、叶螨科（红蜘蛛）、瘿螨科（锈壁虱）、粉虱科（粉虱）、盾蚧科（矢尖蚧）、蜡蚧科（红蜡蚧）、蚜科（蚜虫）、实蝇科（橘小实蝇、橘大实蝇）、潜叶蛾科（潜叶蛾）、卷叶蛾科（卷叶蛾）、凤蝶科（柑橘凤蝶）、天牛科（天牛）等虫害。登记的杀螨剂防治对象主要为叶螨科（红蜘蛛）、盾蚧科（矢尖蚧）、蜡蚧科（红蜡蚧）、木虱科（木虱）、潜叶蛾科（潜叶

蛾)、瘿螨科(锈壁虱)、蚜科(蚜虫)等螨虫害。从登记的种类来看杀虫剂和杀螨剂主要以化学农药为主,分别为60和21种。生物和矿物来源的只有9种,其中植物和动物来源的有印楝素(2个)、苦参碱(3个),微生物来源的有苏云金杆菌(8个)、球孢白僵菌ZJU435(1个)、金龟子绿僵菌CQMa421(1个)、阿维菌素(103个),矿物来源的有矿物油(62个)、石硫合剂(7个),其他类别为松脂酸钠(6个)。

**表3 柑橘主要的杀螨剂产品**

Table 3 Main citrus acaricide products

| 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion | 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 单剂 Single agentia | 炔螨特 | 126 | 18.42 | 混剂 Mixed agentia | 阿维·哒螨灵 | 27 | 3.95 |
| | 三唑锡 | 90 | 13.16 | | 联肼·乙螨唑 | 18 | 2.63 |
| | 哒螨灵 | 63 | 9.21 | | 阿维·矿物油 | 15 | 2.19 |
| | 苯丁锡 | 26 | 3.80 | | 哒螨·矿物油 | 13 | 1.90 |
| | 螺螨酯、噻螨酮 | 23 | 3.36 | | 阿维·炔螨特、阿维·乙螨唑 | 11 | 1.61 |
| | 乙螨唑 | 22 | 3.22 | | 阿维·螺螨酯 | 9 | 1.32 |
| | 四螨嗪 | 18 | 2.63 | | 苯丁·哒螨灵 | 8 | 1.17 |
| | 阿维菌素 | 16 | 2.34 | | 甲氰·噻螨酮、四螨·哒螨灵 | 7 | 1.02 |
| | 唑螨酯 | 13 | 1.90 | | 阿维·噻螨酮、联肼·螺螨酯、炔螨·矿物油、四螨·三唑锡 | 4 | 0.58 |
| | 矿物油 | 12 | 1.75 | | 阿维·三唑锡、哒灵·炔螨特、哒螨·螺螨酯、哒螨·辛硫磷、甲氰·哒螨灵、联肼·螺虫酯 | 3 | 0.44 |
| | 其他 | 44 | 6.43 | | 其他 | 48 | 7.02 |

### 2.1.2 柑橘类杀菌剂的登记情况

杀菌剂产品有效成分共117种,单剂有效成分61种,混剂有效成分56种。相关杀菌剂产品537个,其中单剂共406个产品(表4)。登记数量前4名的农药依次为咪鲜胺(64个)、代森锰锌(49个)、氢氧化铜(25个)、王铜(19个),合计占比29.24%。混剂共计131个产品,登记数量前4名的农药依次为春雷·王铜(17个)、春雷·喹啉铜(9个)、唑醚·代森联

**表4 柑橘主要的杀菌剂产品**

Table 4 Main citrus fungicide/bactericide products

| 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion | 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 单剂 Single agentia | 咪鲜胺 | 64 | 11.92 | 混剂 Mixed agentia | 春雷·王铜 | 17 | 3.17 |
| | 代森锰锌 | 49 | 9.12 | | 春雷·喹啉铜 | 9 | 1.68 |
| | 氢氧化铜 | 25 | 4.66 | | 唑醚·代森联 | 8 | 1.49 |
| | 王铜 | 19 | 3.54 | | 唑醚·咪鲜胺 | 7 | 1.30 |
| | 氟啶胺、抑霉唑 | 18 | 3.35 | | 唑醚·甲硫灵 | 6 | 1.12 |
| | 咪鲜胺锰盐 | 13 | 2.42 | | 唑醚·戊唑醇 | 5 | 0.93 |
| | 波尔多液、硫酸铜钙 | 11 | 2.05 | | 苯甲·吡唑酯、肟菌·戊唑醇、溴菌·多菌灵、唑醚·喹啉铜 | 4 | 0.74 |
| | 百菌清、嘧菌酯、噻菌灵、松脂酸铜 | 10 | 1.86 | | 噁酮·锰锌、咪鲜·抑霉唑、唑醚·锰锌 | 3 | 0.56 |
| | 其他 | 138 | 24.95 | | 其他 | 54 | 10.06 |

（8个）、唑醚·咪鲜胺（7个），合计占比7.64%。从表2可以看出，537个杀菌剂产品有18种剂型，其中数量最多的前3类为可湿性粉剂（159个）、悬浮剂产品（148个）、水分散粒剂（86个），合计占比73.18%。杀菌剂单剂剂型共有16种、混剂总计7种。

杀菌剂防治对象有白粉病、疮痂病、黑斑病（黑星病）、灰霉病、溃疡病、树脂病、炭疽病和贮藏期病害（蒂腐病、黑腐病、青霉病、绿霉病和酸腐病）。杀菌剂主要以化学农药为主，化学合成的农药种类有41种，生物和矿物来源的登记种类只有19种，其中植物和动物来源的有小檗碱（1个）、香芹酚（1个）、苦参提取物（2种）、大蒜素（1种）、d-柠檬烯（1个），微生物来源的有中生菌素（4个）、春雷霉素（4个）、阿维菌素（2个）、枯草芽孢杆菌（8个）、甲基营养型芽孢杆菌LW-6（1种），矿物来源的有氧化亚铜（1个）、王铜（19个）、石硫合剂（6个）、氢氧化铜（25个）、硫酸铜钙（11个）、硫磺（6个）、矿物油（4个）、碱式硫酸铜（7个）、波尔多液（11个）。

**2.1.3**　柑橘类除草剂的登记情况

除草剂产品有效成分共20种，单剂有效成分14种，混剂有效成分6种。除草剂登记产品总计475个，包括467个单剂和8个混剂。如表5所示，登记数量前5名的除草剂依次为草甘膦异丙胺盐（169个）、草甘膦铵盐（136个）、草铵膦（93个）、草甘膦（47个）、精草铵膦铵盐（6个），合计占比94.95%。从表2可知，除草剂有7种剂型，前3类为水剂产品（302个）、可溶粒剂产品（78个）、可溶粉剂产品（69个），合计占比94.53%。从种类来看20种除草剂全部经化学合成，没有登记生物源产品。

**表5　柑橘除草剂产品及数量**

Table 5　Citrus herbicide products and number

| 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion | 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 单剂 Single agentia | 草甘膦异丙胺盐 | 169 | 35.58 | 混剂 Mixed agentia | 2甲·草甘膦 | 2 | 0.42 |
| | 草甘膦铵盐 | 136 | 28.63 | | 苄嘧·草甘膦 | 2 | 0.42 |
| | 草铵膦 | 93 | 19.58 | | 苯嘧·草甘膦 | 1 | 0.21 |
| | 草甘膦 | 47 | 9.89 | | 草甘·2甲胺 | 1 | 0.21 |
| | 精草铵膦铵盐 | 6 | 1.26 | | 滴酸·草甘膦 | 1 | 0.21 |
| | 敌草快 | 4 | 0.84 | | 氟草·草铵膦 | 1 | 0.21 |
| | 草甘膦钾盐 | 3 | 0.63 | | — | — | — |
| | 草甘膦胺盐、草甘膦异丙铵盐 | 2 | 0.42 | | — | — | — |
| | 2,4-滴二甲胺盐、苯嘧磺草胺、丙炔氟草胺、草甘膦异丙胺盐、除草定 | 1 | 0.21 | | — | — | — |

**2.1.4**　柑橘类生长调节剂的登记情况

植物生长调节剂有效成分共35种，包括19种单剂和16种混剂。植物生长调节剂产品总计132个，其中单剂共100个产品。如表6所示，登记数量前5名的柑橘生长调节剂依次为赤霉酸（42个）、苄氨基嘌呤（18个）、氟节胺（9个）、14-羟基芸苔素甾醇（5个）、S-诱抗素（5个），合计占比59.85%。混剂共计32个产品，登记数量前3名的依次为苄氨·赤霉酸（7个）、24-表芸·赤霉酸（4个）、28-表芸·赤霉酸（3个），合计占比10.61%。从表2可知，植物生长调节剂的剂型共有13种，其中数量前3的分别为可溶液剂产品（52个）、乳油产品（19个）、可溶粉剂产品（13个），合计占比63.64%。植物生长调节剂功效主要有调节生长，控梢，保果，促进果实生长、膨大、着色、增产和保鲜等目的。从登记的种类来看植物生长调节剂主要以化学合成为主，共有14种，生物源的种类只有5种，其中微生物来源的有S-诱抗素（5个），生物化学产物来源的有赤霉酸（42个）、苄氨基嘌呤（18个）、三十烷醇（2个）、芸苔素内酯（1个）。

**表6 柑橘生长调节剂产品及数量**

Table 6 Citrus plant growth regulator products and number

| 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion | 类型 Type | 名称 Name | 数量/个 Number | 占比/% Proportion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 单剂 Single agentia | 赤霉酸 | 42 | 31.82 | 混剂 Mixed agentia | 苄氨·赤霉酸 | 7 | 5.30 |
| | 苄氨基嘌呤 | 18 | 13.64 | | 24-表芸·赤霉酸 | 4 | 3.03 |
| | 氟节胺 | 9 | 6.82 | | 28-表芸·赤霉酸 | 3 | 2.27 |
| | 14-羟基芸苔素甾醇、S-诱抗素 | 5 | 3.79 | | 24-表芸·三表芸、28-高芸·苄嘌呤、赤霉酸·28-高芸苔素内酯、复硝酚钠、烯腺·羟烯腺 | 2 | 1.52 |
| | 24-表芸苔素内酯 | 3 | 2.27 | | 14-羟芸·赤霉酸、14-羟芸·烯效唑、24-表·嘌呤、苄氨基嘌呤·尿囊素、丙苷酯·赤霉酸、调环酸钙·烯效唑、多效唑·氟节胺、吲丁·14-羟芸 | 1 | 0.76 |
| | 丙酰芸苔素内酯、对氯苯氧乙酸钠、三十烷醇、烯效唑、抑芽丹 | 2 | 1.52 | | — | — | — |
| | 28-表高芸苔素内酯、28-高芸苔素内酯、苯肽胺酸、复硝酚钠、冠菌素、糠氨基嘌呤、乙氧氟草醚、芸苔素内酯 | 1 | 0.76 | | — | — | — |

## 2.2 绿色食品柑橘生产适用的农药登记分析

### 2.2.1 绿色食品柑橘的农药使用原则

根据中国绿色食品发展中心的定义，绿色食品指产自优良生态环境、按照绿色食品标准生产、实行全程质量控制并获得绿色食品标志使用权的安全、优质食用农产品及相关产品[24]。绿色食品柑橘生产的产地环境应符合NY/T 391—2021[25]的规定，生产过程中农药和肥料的使用应分别符合NY/T 393—2020[26]和NY/T 394—2023[27]的规定。柑橘绿色食品生产农药使用的现行标准主要参考《绿色食品 农药使用准则》(NY/T 393—2020)[26]和《绿色食品 柑橘类水果》(NY/T 426—2021)[28]。

### 2.2.2 绿色食品柑橘的适用农药分析

据中国农药信息网农药登记数据库统计，符合《绿色食品 农药使用准则》(NY/T 393—2020)[26]AA级绿色食品生产使用的农药有效成分为29种，产品数量268个，其中植物和动物来源产品10个，微生物来源的有33个，生物化学产物来源的有63个，矿物来源的有156个，其他来源中的松脂酸钠有6个(表7)。这些产品防治的害虫有潜叶蛾、蚜虫、木虱、红蜘蛛、柑橘凤蝶、根结线虫、介壳虫(如矢尖蚧)、锈壁虱8种，防治的病害有溃疡病、青苔病、绿霉病、青霉病和疮痂病5种。植物生长调节剂共计68个，除微生物来源的S-诱抗素外，其余皆为生物化学产物，其中赤霉酸登记产品多达42个，占植物生长调节剂总量的70.59%。

符合A级绿色食品生产使用的农药有效成分总计有45种，其中杀虫/螨剂有23种、杀菌剂18种、除草剂2种、植物生长调节剂2种(表8)，产品数量为929个。

从农药限量标准来看，适用于A级绿色食品柑橘的农药成分中仍然有24种的残留值高于国际食品法典委员会(CAC)或欧盟标准(表9)，只有3种成分的残留限量值(联苯肼酯、嘧菌酯和抑霉唑)严于CAC或欧盟标准。此外，11种具备绿色食品柑橘限量值的成分还没有CAC和欧盟标准限制。

**表 7　AA 级绿色食品柑橘生产可使用的农药**

Table 7　Pesticides suitable for AA-grade green food citrus production

| 类别 Category | 农药名称 Pesticide name | 农药种类 Pesticide type | 防治对象及功效 Targets and effects | 用药量（制剂量）/$hm^2$ Dosage | 用法 Application methods | 毒性 Toxicity | 数量/个 Number | 剂型 Formulation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. 植物和动物来源 I. Plant and animal sources | 印楝素 | 杀虫剂 | 潜叶蛾 | 27～40 | 喷雾 | 低毒 | 2 | 乳油 |
| | 苦参碱 | 杀虫/菌剂 | 矢尖蚧、蚜虫、溃疡病 | 7～267 | 喷雾 | 低毒 | 4 | 水剂、可溶液剂 |
| | 小檗碱 | 杀菌剂 | 青苔病 | 10～13 | 喷雾 | 低毒 | 1 | 水剂 |
| | 香芹酚 | 杀菌剂 | 木虱、红蜘蛛 | 53～80 | 喷雾 | 低毒 | 1 | 水剂 |
| | 大蒜素 | 杀菌剂 | 溃疡病 | 67～100 | 喷雾 | 低毒 | 1 | 微乳剂 |
| | d-柠檬烯 | 杀虫剂 | 红蜘蛛 | 13～20 | 喷雾 | 低毒 | 1 | 可溶液剂 |
| II. 微生物来源 II. Microbial sources | 苏云金杆菌 | 杀虫剂 | 柑橘凤蝶 | 10～17 | 喷雾 | 低毒 | 8 | 可湿性粉剂 |
| | 球孢白僵菌 | 杀虫剂 | 红蜘蛛 | 33～67 | 喷雾 | 微毒 | 1 | 可分散油悬浮剂 |
| | 金龟子绿僵菌 | 杀虫剂 | 木虱 | 67～133 | 喷雾 | 微毒 | 1 | 可分散油悬浮剂 |
| | 甲基营养型芽孢杆菌 | 杀菌剂 | 溃疡病 | 53～80 | 喷雾 | 低毒 | 1 | 可湿性粉剂 |
| | 枯草芽孢杆菌 | 杀菌剂 | 溃疡病、绿霉病、青霉病 | 20～333 | 喷雾；浸果 | 低毒 | 8 | 可湿性粉剂、微囊粒剂 |
| | 春雷霉素 | 杀菌剂 | 溃疡病 | 40～100 | 喷雾 | 低毒 | 4 | 可湿性粉剂、可溶液剂；可溶粒剂 |
| | 中生菌素 | 杀菌剂 | 溃疡病 | 40～267 | 喷雾 | 微毒 | 4 | 可湿性粉剂、可溶液剂 |
| | S-诱抗素 | 植物生长调节剂 | 调节生长、增加产量 | 20～1 333 | 喷雾 | 低毒、微毒 | 5 | 可溶性液剂、可溶粒剂、可溶粉剂 |
| | 淡紫拟青霉 | 杀线虫剂 | 线虫 | 700～1 000 | 撒施 | 低毒 | 1 | 粉剂 |
| III. 生物化学产物 III. Biochemical products | 赤霉酸 | 植物生长调节剂 | 保果、促进果实生长、调节生长、果实增大、增重 | 67～3 333 | 茎叶喷雾、喷花 | 低毒、微毒 | 42 | 粉剂、结晶粉、可溶粉/粒/液剂、泡腾粒剂、乳油 |
| | 苄氨基嘌呤 | | 调节生长、增加产量 | 27～1 666 | 喷雾 | 低毒、微毒 | 18 | 可溶液剂、水分散粒剂、水剂 |

表7（续）

| 类别 Category | 农药名称 Pesticide name | 农药种类 Pesticide type | 防治对象及功效 Targets and effects | 用药量（制剂量）/$hm^2$ Dosage | 用法 Application methods | 毒性 Toxicity | 数量/个 Number | 剂型 Formulation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 三十烷醇 | | 调节生长、增加产量 | 100～1 330 | 喷雾 | 低毒、微毒 | 2 | 微乳剂、可溶液剂 |
| | 芸苔素内酯 | | 调节生长 | 167～222 | 茎叶喷雾 | 低毒 | 1 | 可溶液剂 |
| | 石硫合剂 | 杀虫/螨/菌剂 | 红蜘蛛、介壳虫、锈壁虱、白粉病 | 1～200 | 喷雾 | 低毒 | 14 | 结晶、结晶粉、水剂 |
| | 矿物油 | 杀虫/螨/菌剂 | 红蜘蛛、潜叶蛾、锈壁虱、蚜虫、介壳虫（矢尖蚧） | 3～280 | 喷雾 | 低毒、微毒 | 62 | 乳油、微乳剂、油乳剂 |
| | 氧化亚铜 | 杀菌剂 | 溃疡病 | 53～67 | 喷雾 | 低毒 | 1 | 可湿性粉剂 |
| | 王铜（氧氯化铜） | 杀菌剂 | 溃疡病 | 40～160 | 喷雾 | 低毒 | 19 | 可湿性粉剂、水分散粒剂、悬浮剂 |
| Ⅳ. 矿物来源 Ⅳ. Mineral sources | 氢氧化铜 | 杀菌剂 | 溃疡病 | 27～200 | 喷雾 | 中等毒、低毒 | 25 | 可湿性粉剂、水分散粒剂、悬浮剂 |
| | 硫酸铜钙 | 杀菌剂 | 溃疡病、疮痂病 | 27～53 | 喷雾 | 低毒 | 11 | 可湿性粉剂、水分散粒剂、悬浮剂 |
| | 波尔多液 | 杀菌剂 | 溃疡病 | 7～53 | 喷雾 | 低毒 | 11 | 可湿性粉剂、水分散粒剂、悬浮剂 |
| | 硫磺 | 杀菌剂 | 疮痂病 | 20～33 | 喷雾 | 低毒 | 6 | 水分散粒剂 |
| | 碱式硫酸铜 | 杀菌剂 | 溃疡病 | 20～100 | 喷雾 | 低毒 | 7 | 水分散粒剂、悬浮剂 |
| Ⅴ. 其他 Ⅴ. Other | 松脂酸钠 | 杀虫剂 | 介壳虫（矢尖蚧） | 5～13 | 喷雾 | 低毒、微毒 | 6 | 水乳剂、可溶性粉剂 |

**表 8　A 级绿色食品柑橘生产主要病虫草害及允许使用的农药清单**

Table 8　Major diseases, pests and weeds with a corresponding pesticide checklist for A-grade green citrus production

| 防治对象 Control target | 名称 Name | 数量/个 Number | 防治对象 Control target | 名称 Name | 数量/个 Number |
|---|---|---|---|---|---|
| 红蜘蛛（全爪螨） | 苯丁锡、螺螨酯、噻螨酮、乙螨唑、四螨嗪、唑螨酯、联苯肼酯、甲氰菊酯、螺虫乙酯、氟虫脲、氟啶胺 | 368 | 溃疡病 | 喹啉铜、噻唑锌 | 9 |
| 锈壁虱 | 苯丁锡、螺螨酯、唑螨酯、虱螨脲、氟虫脲、除虫脲、氟啶胺 | 24 | 树脂病（砂皮病、黑点病） | 氟啶胺、代森锰锌、苯醚甲环唑、克菌丹、吡唑醚菌酯、喹啉铜、氟硅唑 | 25 |
| 潜叶蛾 | 甲氰菊酯、啶虫脒、虱螨脲、杀铃脲、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、高效氯氰菊酯、氟虫脲、除虫脲、虫螨腈、吡虫啉 | 50 | 炭疽病 | 氟啶胺、代森锰锌、抑霉唑、嘧菌酯、吡唑醚菌酯、甲基硫菌灵、氟环唑、代森锌、氟硅唑、多菌灵、腈菌唑、肟菌酯 | 67 |
| 木虱 | 螺虫乙酯、虱螨脲、噻虫嗪、吡丙醚 | 7 | 疮痂病 | 代森锰锌、嘧菌酯、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、代森联、腈菌唑 | 57 |
| 粉虱 | 啶虫脒 | 1 | 蒂腐病（焦腐病） | 抑霉唑 | 1 |
| 蚜虫 | 啶虫脒、噻虫嗪、吡虫啉 | 194 | 黑腐病 | 抑霉唑 | 1 |
| 介壳虫 | 螺虫乙酯、啶虫脒、噻嗪酮、高效氯氰菊酯、噻虫嗪、吡丙醚 | 48 | 绿霉病 | 抑霉唑、噻菌灵、甲基硫菌灵 | 22 |
| 红蜡蚧 | 高效氯氰菊酯 | 23 | 青霉病 | 抑霉唑、噻菌灵、甲基硫菌灵 | 29 |
| 橘小实蝇 | 噻虫嗪、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、吡虫啉 | 3 | 一年生阔叶杂草及禾本科杂草 | 草铵膦、丙炔氟草胺 | 94 |
| 矢尖蚧 | 噻嗪酮、氟啶虫胺腈 | 15 | 控梢、杀梢 | 烯效唑、乙氧氟草醚 | 3 |
| 天牛 | 噻虫啉 | 1 | — | — | — |

**表 9　A 级绿色食品柑橘生产中允许使用的农药最大残留限量标准**

Table 9　Maximum residue limits of pesticides allowed for A-grade green citrus production　　mg/kg

| 农药 Pesticide | 柑橘类别/名称 Citrus type/Name | 中国 China | 国际食品法典委员会 CAC | 欧盟 EU | 农药 Pesticide | 柑橘类别/名称 Citrus type/Name | 中国 China | 国际食品法典委员会 CAC | 欧盟 EU |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 苯丁锡 | 柑、橘 | 1 | 5 | 0.01* | 杀铃脲 | 柑、橘、橙 | 0.05 | — | 0.01* |
| | 橙、柠檬、佛手柑、金橘 | 5 | | | 噻虫嗪 | 柑橘类水果 | 0.5 | 0.5 | 0.15 |
| 吡虫啉 | 柑、橘、橙、柚、佛手柑、金橘 | 1 | 1 | 0.9 | 噻嗪酮 | 柑、橘、橙、柠檬、柚 | 0.5 | 1 | 0.01* |
| | 柠檬 | 2 | | | | 佛手柑；金橘 | 1 | | |
| 虫螨腈 | 柑、橘、橙 | 1 | — | 0.01* | 氟啶胺 | 柑、橘、橙 | 2 | — | 0.01* |

表9（续）

| 农药 Pesticide | 柑橘类别/名称 Citrus type/Name | 中国 China | 国际食品法典委员会CAC | 欧盟 EU | 农药 Pesticide | 柑橘类别/名称 Citrus type/Name | 中国 China | 国际食品法典委员会CAC | 欧盟 EU |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 除虫脲 | 柑橘类水果（柑、橘、橙、柠檬、柚除外） | 0.5 | — | 0.01* | 氟硅唑 | 柑、橘、橙 | 2 | — | 0.01* |
| | 柑、橘、橙、柠檬、柚 | 1 | — | | 氟环唑 | 柑、橘、橙 | 1 | — | 0.01* |
| 啶虫脒 | 柑橘类水果（柑、橘、橙、柠檬、金橘除外） | 2 | 1 | 0.9 | 腈菌唑 | 柑、橘、橙 | 5 | — | 0.01* |
| | 柑、橘、橙、柠檬、金橘 | 0.5 | | | 克菌丹 | 柑、橘、橙 | 5 | — | 0.03* |
| 氟虫脲 | 柑、橘、橙、柠檬、柚 | 0.5 | — | 0.01* | 噻菌灵 | 柑、橘、橙、柠檬、柚 | 10 | 7 | 7 |
| 甲氰菊酯 | 柑、橘、橙、柠檬、柚、佛手柑、金橘 | 5 | 2 | 2 | 吡唑醚菌酯 | 柑橘类水果（柑、橘、橙、柠檬、柚、金橘除外） | 2 | 2 | 2 |
| 螺虫乙酯 | 柑橘类水果（柑、橘、橙除外） | 0.5* | 0.5 | 0.5 | | 柑、橘、橙、柚 | 3 | | |
| | 柑、橘、橙 | 1* | | | | 柠檬 | 7 | | |
| | 金橘 | 3* | | | | 金橘 | 5 | | |
| 吡丙醚 | 柑橘类水果（柑、橘、橙除外） | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 乙螨唑 | 柑橘类水果（柑、橘、橙除外） | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| | 柑、橘、橙 | 2 | | | | 柑、橘、橙 | 0.5 | | |
| 螺螨酯 | 柑橘类水果（柑、橘、橙除外） | 0.4 | 0.4 | — | 草铵膦 | 柑橘类水果（柑、橘、橙除外） | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| | 柑、橘、橙 | 0.5 | | | | 柑、橘、橙 | 0.5 | | |
| 乙氧氟草醚 | 柑、橘、橙 | 0.05 | — | 0.01* | 丙炔氟草胺 | 柑、橘、橙 | 0.05 | — | 0.02* |

注："*"表示该限量为临时限量；"—"表示未制定限量标准。

Note: "*" indicates a temporary limit; "—" indicates no established limit.

## 3 讨 论

### 3.1 柑橘类水果农药产品少且分类不明确

目前，柑橘病害主要包括细菌病害（黄龙病、溃疡病）、真菌病害（炭疽病、疮痂病、脚腐病、树脂病、灰霉病、煤烟病、柑橘采后的绿霉病、青霉病、黑腐病、蒂腐病、酸腐病）、病毒性病害（衰退病、碎叶病、黄脉病）等，主要虫害有木虱、红蜘蛛、潜叶蛾、卷叶蛾、蚜虫、柑橘实蝇、柑橘凤蝶、介壳虫、锈壁虱、粉虱、尺蠖、潜叶甲、吸果夜蛾、袋蛾和天牛等。截至2023年8月24日，绿色食品柑橘生产允许使用的杀虫/螨/菌剂主要用于防治树脂病、炭疽病、疮痂病、绿/青霉病、红蜘蛛、锈壁虱、潜叶蛾、介壳虫（红蜡蚧、矢尖蚧）等病虫害，而用于防治溃疡病、蒂腐病、黑腐病、灰霉病、全爪螨、木虱、粉虱、蚜虫、橘小实蝇和天牛的农药极少，没有防治煤烟病、蓟马和尺

蠖的登记农药。登记农药的防治对象具有局限性，加之各地区域性病害发生情况不一致，现有农药不能满足生产实际需求，病虫害一旦发生，将陷入可选用的防治农药很少或无药可用的局面。

柑橘是大宗水果，登记农药没有细分柑橘种类，如脐橙只有1种生长调节剂为氯吡脲，柚子有22个产品，柠檬有15个产品，金橘有13个产品。农业农村部农药管理司为了规范特色小宗作物的临时用药措施、促进特色小宗作物用药登记，确保膳食风险可控，制定了《特色小宗作物农药残留风险控制技术指标》[29]。但涉及的柑橘类种类少，只规定了金橘（7个）和柠檬（4个）农药产品的使用方法、每季最多使用次数和安全间隔期，无法满足其他柑橘类水果的用药需求。因此，急需提高农药企业的登记积极性，鼓励企业申请农药扩大使用范围登记，加强用药技术培训和田间效果验证试验，解决部分柑橘类水果“无药可用”的难题。

### 3.2　柑橘类农药类型和剂型同质化严重

柑橘杀虫/螨/菌剂虽然数量多，但登记病害相对集中，药剂同质化现象严重，主要以化学药剂为主，生物农药和符合绿色食品柑橘类水果登记农药的种类和数量极少。符合柑橘A级绿色食品生产允许使用的农药有效成分总计有45种，产品登记数量为929个，仅占柑橘农药登记总量的28.65%；AA级绿色食品生产使用的农药有效成分总计有29种，产品登记数量为268个，仅占柑橘农药登记总量的8.26%。农药是保障食品安全的重要手段，发展环境友好、资源高效和生态稳定的生物农药防控技术势在必行。在我国农业绿色发展的背景下，生物农药的高效利用和推广对农业可持续发展、保护生态环境和保障食品安全有重要意义[30]。未来我国绿色农药分子设计研究需要进一步瞄准前沿重大科学问题与产业实际需求，实现绿色农药研制的新突破[31]。

柑橘园人工除草费时、费力、费工，农村老龄化问题突出，集中用工期间雇工困难且人工费用持续上涨，果农为降低生产成本而采用除草剂防除杂草。符合A级绿色食品柑橘生产使用的除草剂只有2种（草铵膦、丙炔氟草胺），导致一些未在柑橘上登记的除草剂产品被广泛使用，比如丁草胺[32]。许多植物生长调节剂如矮壮素、萘乙酸、噻苯隆、2,4-二氯苯氧乙酸和乙烯利等虽然没有在柑橘上登记，却在柑橘实际生产中广泛应用[33-35]。

此外，登记的柑橘农药产品多以单剂为主，复合制剂产品偏少。大量研究表明，2种或2种以上的植物生长调节剂混合使用比单独使用的效果更好，复配使用可以克服单剂使用的不足，取长补短，通过增效或加合等作用减少用量[36-37]。我国柑橘农药剂型少、结构不合理，主要为乳油、可湿性粉剂、粉剂、粒剂和可溶液剂等传统剂型[38]。登记的安全及环保剂型有悬浮剂、水乳剂、悬乳剂、水分散粒剂和微囊悬浮剂，其中用于杀虫/螨的悬浮剂有716个产品，用于除草的水剂有302个产品，其余类别的环保型水剂、水分散粒剂、微乳型和泡腾粒剂产品都极少，尚无登记气雾剂和缓释剂[39]等其他新型环保剂型。这反映了我国农药研发投入不足、新产品和剂型匮乏的现状[40]。

### 3.3　柑橘类农药限量残留标准有待完善

农药残留是影响食品安全与产业可持续发展的重要因素之一[41-42]。《食品安全国家标准食品中农药最大残留限量》（GB 2763—2021）[19]规定柑橘类水果主要包括柑、橘、橙、柠檬、柚、佛手柑和金橘等。在537项最大残留限量（MRLs）中，有126项对柑橘类水果大类做出规定，对单个树种规定的有411项，占总限量数的76.5；对橙（114项）、橘（107项）、柑（106项）规定最多，其次为柠檬（32项）和柚（29项），金橘（14项）和佛手柑（9项）规定最少，部分农药在柑、橘、橙和其他柑橘类水果的MRLs不同[43]。而在农药产品登记类型方面没有根据不同柑橘品种细分，在客观上容易导致采取相同的用药种类、使用浓度、安全间隔期标准，造成农药残留限量超过CAC和欧盟标准。本研究发现螺螨酯在柑橘类水果中的MRLs为0.4 mg/kg，但不包括柑、橘和橙等主要品类。另一方面，吡虫啉[44]、甲氰菊酯的残留限量细分为柑、橘、橙、柠檬、柚、佛手柑和金橘等7个类别，应当适时修订为统一的柑橘类水果限量值。

近年来，国家不断对GB 2763《食品安全国家标准食品中农药最大残留限量》进行修订和完善，历经6次修订与增补的国标与CAC和欧盟标准在农药参数及限量值等方面均存在较大差距。符合绿色食品柑橘生产使用的农药成分中，24种成分的残留限量值仍然高于CAC或欧盟标准，很可能导致我国柑橘出口贸易的残留超标风险。面对消费者安

全意识提高、绿色贸易壁垒和农药残留限量标准制订的困境，建议进一步加大与国际标准的衔接度，大力发展与推广绿色生产技术，严格制订农药残留标准，不断提高我国残留标准指标体系的科学性、有效性和实用性。

最后，部分农药产品标签信息有遗漏，没有注明安全间隔期，或登记错误。为了规范农药登记内容、加强农药登记管理，建议有关部门严格审查农药登记申请资料，保证农药登记的全面性、真实性和合法性。

## 4 结 论

近年来柑橘市场呈稳健增长态势，随着社会不断发展，人们对柑橘的品质要求越来越高，农药及农用化学品的投入将更加严格。我国柑橘类水果登记农药产品还需加大登记范围、细化柑橘类品种、加强生物农药研制力度和不断完善农药残留标准。

柑橘产业绿色升级需要由以产量为导向的生产型转向市场为导向的高品质发展，要实现由柑橘生产大国向生产强国的转变，就要积极推行“减肥减药”的绿色生产模式，贯彻“预防为主、综合防治”的植保方针，构建病虫草害绿色防控技术，为柑橘绿色生产提供科学依据，实现柑橘病虫草害绿色防控和高质量发展。

## 参考文献 References


[1] 齐乐，祁春节. 世界柑橘产业现状及发展趋势[J]. 农业展望，2016，12(12)：46-52
Qi L，Qi C J. Status quo and development trend of world's citrus industry [J]. *Agricultural Outlook*，2016，12(12)：46-52 (in Chinese)

[2] 周开隆，叶荫民. 中国果树志-柑橘卷[M]. 北京：中国林业出版社，2010
Zhou K L，Ye Y M. *China Fruit Annals-Citrus Roll*[M]. Beijing：China Forestry Publishing House，2010 (in Chinese)

[3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and agriculture data[EB/OL]. [2024-03-08]. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

[4] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社，2023
National Bureau of Statistics. *China Statistical Abstract*[M]. Beijing：China Statistics Press，2023 (in Chinese)

[5] 智研咨询. 2023—2029年中国柑橘行业市场专项调研及发展策略分析报告 [EB/OL]. [2024-03-08]. https://www.chyxx.com/research/202112/989714.html
Intelligence Research Group. China Citrus Industry Market Special Research and Development Strategy Analysis in 2023-2029 [EB/OL]. [2024-03-08]. https://www.chyxx.com/research/202112/989714.html (in Chinese)

[6] 郭文武，叶俊丽，邓秀新. 新中国果树科学研究70年：柑橘[J]. 果树学报，2019，36(10)：1264-1272
Guo W W，Ye J L，Deng X X. Fruit scientific research in New China in the past 70 years：Citrus[J]. *Journal of Fruit Science*，2019，36(10)：1264-1272 (in Chinese)

[7] 杜建国，张雨奇. 供需双侧视角下绿色食品购买行为的引导政策研究[J]. 软科学，2023，37(11)：122-130
Du J G，Zhang Y Q. Guiding policy of green food purchase behavior from the perspective of supply and demand[J]. *Soft Science*，2023，37(11)：122-130 (in Chinese)

[8] 邓秀新. 柑橘产业发展趋势与桂林柑橘品种结构调整[J]. 南方园艺，2020，31(6)：1-4
Deng X X. The development trend of Citrus industry and the adjustment of Citrus variety structure in Guilin[J]. *Southern Horticulture*，2020，31(6)：1-4 (in Chinese)

[9] 沈兆敏. 我国柑橘产业必须走高质量发展之路[J]. 科学种养，2018(12)：7-10
Shen Z M. Citrus industry in China must take the road of high quality development[J]. *Scientific Production*，2018(12)：7-10 (in Chinese)

[10] 祁春节，顾雨檬，曾彦. 我国柑橘产业经济研究进展[J]. 华中农业大学学报，2021，40(1)：58-69
Qi C J，Gu Y M，Zeng Y. Progress of citrus industry economy in China [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*，2021，40(1)：58-69 (in Chinese)

[11] 邓秀新. 关于我国水果产业发展若干问题的思考[J]. 果树学报，2021，38(1)：121-127
Deng X X. Thoughts on the development of China's fruit industry[J]. *Journal of Fruit Science*，2021，38(1)：121-127 (in Chinese)

[12] 王淼，周杰，陈鸽，李凌云，李森，郭兆将，徐东辉，黄晓冬，刘广洋. 纳米生物农药的设计及控缓释研究进展[J]. 江苏农业科学，2023，51(17)：9-18
Wang M，Zhou J，Chen G，Li L Y，Li S，Guo Z J，Xu D H，Huang X D，Liu G Y. Research progress on design and controlled release of nano bio-pesticides [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*，2023，51(17)：9-18 (in Chinese)

[13] Song B A，Seiber J N，Duke S O，Li Q X. Green plant protection innovation：Challenges and perspectives[J]. *Engineering*，2020，6(5)：483-484

[14] 赵家进，李永平，刘跃明，钱琳刚，杨莹彪，赵晓晨. 我国柑橘农药登记情况及绿色食品生产使用分析[J]. 农药科学与管理，2021，42(9)：15-21
Zhao J J，Li Y P，Liu Y M，Qian L G，Yang Y B，Zhao X C. Analysis on the registration of pesticides for Citrus in China and their use on green food production[J]. *Pesticide Science and Administration*，2021，42(9)：15-21 (in Chinese)

[15] 周蒙. 中国生物农药发展的现实挑战与对策分析[J]. 中国生物防治学报，2021，37(1)：184-192
Zhou M. The realistic challenge and countermeasure analysis of the development of biological pesticide in China [J]. *Chinese Journal of Biological Control*，2021，37(1)：184-192 (in Chinese)

[16] 杨峻，侯燕华，林荣华，姜辉，刘胤池，邱立红，刘学. 我国生物农药登记品种清单式管理初探[J]. 中国生物防治学报，2022，38(4)：812-820
Yang J，Hou Y H，Lin R H，Jiang H，Liu Y C，Qiu L H，Liu X. Preliminary study on the list management of registered varieties of biopesticides in China[J]. *Chinese Journal of Biological Control*，2022，38(4)：812-820 (in Chinese)

[17] 中国农药信息网. 农药登记数据库[EB/OL]. [2024-03-08]. http://

www.chinapesticide.org.cn/zwb/dataCenter
China Pesticide Information Network. Pesticide registrated database[EB/OL]. [2024-03-08]. http://www.chinapesticide.org.cn/zwb/dataCenter (in Chinese)

[18] GB 2763.1—2022. 食品安全国家标准 食品中2,4-滴丁酸钠盐等112种农药最大残留限量[S]. 北京:中国标准出版社, 2022
GB 2763.1—2022. National food safety standard: Maximum residue limits for 112 pesticides in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022 (in Chinese)

[19] GB 2763—2021. 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量[S]. 北京:中国标准出版社, 2021
GB 2763—2021. National food safety standard: Maximum residue limits for pesticides in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021 (in Chinese)

[20] Codex Alimentarius Commission. Codex Pesticides Residues in Food Online Database [EB/OL]. [2024-03-08]. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/zh/? lang=zh&c_id=120

[21] European Commission. EU Pesticides Database [EB/OL]. [2024-03-08]. https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/products/details/2

[22] 刘刚, 李美荣, 胡德利, 李爱云. 我国微毒级别大田用农药登记情况分析及建议[J]. 农药科学与管理, 2022, 43(3): 1-7
Liu G, Li M R, Hu D L, Li A Y. Situation analysis and suggestions on the registration of slightly toxic pesticides for field use in China [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2022, 43(3): 1-7 (in Chinese)

[23] 刘绍仁, 沈佐锐. 浅议农药毒性分级[J]. 农药科学与管理, 2004, 25(5): 33-36
Liu S R, Shen Z R. Discussion on pesticide toxicity classification [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2004, 25(5): 33-36 (in Chinese)

[24] 中国绿色食品发展中心. 什么是绿色食品?[EB/OL]. [2024-03-08]. http://www.greenfood.agri.cn/zsmy/202306/t20230606_7992416.htm
China Green Food Development. What's Green Food? [EB/OL]. [2024-03-08]. http://www.greenfood.agri.cn/zsmy/202306/t20230606_7992416.htm (in Chinese)

[25] NY/T 391—2021. 绿色食品产地环境质量[S]. 北京: 中国农业出版社, 2021
NY/T 391—2021. Green food: Environmental quality for production area [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2021 (in Chinese)

[26] NY/T 393—2020. 绿色食品农药使用准则[S]. 北京:中国农业出版社, 2020
NY/T 393—2020. Green food: Guideline for application of pesticide[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2020 (in Chinese)

[27] NY/T 394—2023. 绿色食品肥料使用准则[S]. 北京:中国农业出版社, 2023
NY/T 394—2020. Green food: Fertilizer application guideline [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2023 (in Chinese)

[28] NY/T 426—2021. 绿色食品柑橘类水果[S]. 北京:中国农业出版社, 2021
NY/T 426—2021. Green food: Citrus fruit[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2021 (in Chinese)

[29] 中华人民共和国农业农村部农药管理司. 关于印发《特色小宗作物农药残留风险控制技术指标》的通知[EB/OL]. [2024-03-08]. http://www.zzys.moa.gov.cn/gzdt/202005/t20200528_6345491.htm
Pesticide Management of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Notice on the Issuance of Technical Indicators for Risk Control of Pesticide Residues in Speciality Small Crops [EB/OL]. [2024-03-08]. http://www.zzys.moa.gov.cn/gzdt/202005/t20200528_6345491.htm (in Chinese)

[30] 邱德文. 生物农药的发展现状与趋势分析[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 679-684
Qiu D W. Analysis of the development situation and trends of biological pesticides in China[J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2015, 31(5): 679-684 (in Chinese)

[31] 宋宝安. 绿色防控助力生态农业高质量发展[J]. 中国科学基金, 2020, 34(4): 373
Song B A. Green pest control enables the high quality development of ecological agriculture [J]. *Bulletin of National Natural Science Foundation of China*, 2020, 34(4): 373 (in Chinese)

[32] 郑祥洲, 王亚萨, 张玉树, 张晶, 丁洪. 除草剂对不同种植年限柑橘园土壤氮转化过程及温室气体排放的影响[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(3): 338-346
Zheng X Z, Wang Y S, Zhang Y S, Zhang J, Ding H. Effects of herbicides on urea nitrogen transformation and greenhouse gas emission of soil in citrus orchards with different planting years[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2018, 26(3): 338-346 (in Chinese)

[33] 骞天佑, 冯志中, 马朝旺, 王文朝, 贺保国, 臧娅磊, 郑先福. 5种植物生长调节剂对沙糖橘夏梢控制效果及产量和品质的影响[J]. 现代农业科技, 2019(5): 119-120, 124
Qian T Y, Feng Z Z, Ma C W, Wang W C, He B G, Zang Y L, Zheng X F. Effects of 5 plant growth regulators on control of summer shoot and yield quality of sugar orange [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2019(5): 119-120, 124 (in Chinese)

[34] 陆少峰, 廖奎富, 区善汉, 徐粹明, 肖远辉, 麦适秋, 韦志扬. 不同植物生长调节剂对金橘果实生长及产量的影响[J]. 南方农业学报, 2015, 46(3): 471-474
Lu S F, Liao K F, Ou S H, Xu C M, Xiao Y H, Mai S Q, Wei Z Y. Effects of different plant growth regulators on fruit growth and yield of *Fortunella margarita* (Lour) Swingle[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2015, 46(3): 471-474 (in Chinese)

[35] 王贵元, 王东, 王金山. 常见植物生长调节剂在柑橘中的应用及注意的问题[J]. 现代农业, 2010(8): 22-24
Wang G Y, Wang D, Wang J S. Application of common plant growth regulators in citrus and problems needing attention[J]. *Modern Agriculture*, 2010(8): 22-24 (in Chinese)

[36] 燕丛, 徐坤. 复硝酚钠、DA-6配施对生姜产量的影响[J]. 山东农业科学, 2011(7): 73-75, 85
Yan C, Xu K. Effects of combined application of sodium nitrophenolate and DA-6 on ginger yield[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2011(7): 73-75, 85 (in Chinese)

[37] 张义, 刘云利, 刘子森, 韩帆, 严攀, 贺锋, 吴振斌. 植物生长调节剂的研究及应用进展[J]. 水生生物学报, 2021, 45(3): 700-708
Zhang Y, Liu Y L, Liu Z S, Han F, Yan P, He F, Wu Z B. The research and application progress of plant growth regulators [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2021, 45(3): 700-708 (in Chinese)

[38] 华乃震. 农药剂型的进展和动向(上)[J]. 农药, 2008, 47(2): 79-81, 89
Hua N Z. Advance and trend of pesticide formulation development[J]. *Agrochemicals*, 2008, 47(2): 79-81, 89 (in Chinese)

[39] 韩菲菲. 农药剂型发展概况[J]. 南方农业, 2021, 15(2): 233-235
Han F F. General situation of pesticide formulation development [J]. *South China Agriculture*, 2021, 15(2): 233-235 (in Chinese)

[40] 吴学进, 梁冬梅, 刘春华. 我国柑橘生产上应用的植物生长调节剂登记现况及其分析[J]. 中国果树, 2020(4): 128-133

Wu X J, Liang D M, Liu C H. Analysis on the current registration of plant growth regulators application in Citrus production in China[J]. *China Fruits*, 2020(4): 128-133 (in Chinese)

[41] Lakner Z, Plasek B, Kasza G, Kiss A, Soós S, Temesi G. Towards understanding the food consumer behavior-food safety-sustainability triangle: A bibliometric approach[J]. *Sustainability*, 2021, 13(21): 12218

[42] Li C J, Zhu H M, Li C Y, Qian H, Yao W R, Guo Y H. The present situation of pesticide residues in China and their removal and transformation during food processing[J]. *Food Chemistry*, 2021, 354: 129552

[43] 孟华岳, 朱富伟, 廖林瀚. 柑橘防腐保鲜剂使用与残留监管研究[J]. 农产品质量与安全, 2022(1): 73-78

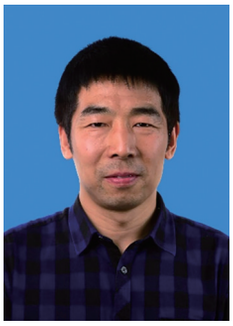
Meng H Y, Zhu F W, Liao L H. Applications and residue supervision of preservatives on citrus[J]. *Quality and Safety of Agro-Products*, 2022(1): 73-78 (in Chinese)

[44] 陈岩, 赵洁, 刘雯雯, 杨慧, 刘香香, 王富华. 我国主要水果农药登记现状及残留限量标准研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(17): 6169-6177

Chen Y, Zhao J, Liu W W, Yang H, Liu X X, Wang F H. Investigation of the registration status and residue limit standard of pesticides used in main fruits of China[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2020, 11(17): 6169-6177 (in Chinese)

责任编辑:董金波

**第一作者简介:** 刘莲莲,硕士研究生,现就读于中国农业大学资源与环境学院。主要研究方向为柑橘全产业链绿色发展、植物与微生物互作机制。研究生期间获得硕士二等奖学金、农业绿色发展一等奖学金、“三好学生”,获2022年第三届全国科技小院研究生故事大赛二等奖,在科技小院工作中获惠泽三农 优秀贡献奖和最佳宣传奖。曾参与绿色食品绿色防控技术指南项目(中绿[2023] 0062号)和NY/T 394—2023《绿色食品 肥料使用准则》农业行业标准修订项目;在中文核心期刊发表文章1篇。



**通讯作者简介:** 李学贤,博士研究生,中国农业大学教授,博士生导师。教育部新世纪优秀人才,中国植物营养与肥料学会植物营养分子生理专业委员会委员。主要研究方向为养分高效利用与作物品质、绿色食品提质增效策略和玉米抗逆养分高效利用等。主持或(以技术骨干)参加科研项目14项,其中,主持国家自然科学基金面上项目5项,主持横向课题8项。发表SCI论文51篇,中文核心文章6篇,创制多份玉米氮高效材料。授权发明专利4件,制订绿色食品施肥准则1项;参编著作7部。获得陕西省科技进步奖(三等)1项。指导建设江西于都绿色赣南脐橙科技小院。