

多效唑在桃果实中的残留量评估

张威远, 陈锦永*, 方金豹, 顾红, 赵长竹, 林苗苗

(中国农业科学院郑州果树研究所, 中国农业科学院果树生长发育与品质控制重点开放实验室, 郑州 450009)

摘要: 为评估多效唑在桃园中使用的安全性, 于2010—2011年分别以3个普通桃品种为试材, 使用不同剂量 ($0.0375 \sim 0.225 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)、不同浓度 ($500 \sim 1\,500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 多效唑进行土壤施入或叶面喷施, 利用气相色谱—三重四级杆串联质谱仪 (GC-MS-MS) 对成熟桃果实中的多效唑残留量进行了测定。结果表明, 仅在大棚桃试验中的1个较高浓度叶面喷施处理 ($1\,250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 喷施2次) 的桃果实中多效唑残留量超过 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其它处理的残留量均小于 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其中大部分土施处理的残留量低于 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。如果以最大残留量 $\leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (欧盟现行桃残留限量标准) 为标准, 按树冠投影面积, 土壤施入 $0.0375 \sim 0.225 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 等不同剂量, 桃果实中多效唑残留量不超标; 在露地条件下叶面喷施浓度不超过 $1\,500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 在大棚条件下浓度不超过 $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 喷施次数不多于2次, 果实中多效唑残留量也不超标。

关键词: 桃; 多效唑; 残留量

中图分类号: S 662.1

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 07-1369-06

Evaluation on Residue Amount of Paclobutrazol in Peach Fruits

ZHANG Wei-yuan, CHEN Jin-yong*, FANG Jin-bao, GU Hong, ZHAO Chang-zhu, and LIN Miao-miao

(Zhengzhou Fruit Research Institute, Key Laboratory for Fruit Tree Growth, Development and Quality Control, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China)

Abstract: In order to evaluate the safety of paclobutrazol applied in peach orchards, the terminal residues in mature fruits of 3 peach varieties with different dosage by soil application ($0.0375 \sim 0.225 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) or different concentration by foliar spraying of paclobutrazol were investigated by GC-MS-MS in 2010 and 2011. The results showed that only one treatment with higher foliar spraying concentration ($1\,250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ sprayed 2 times) in green-house peach experiment led to the residue amount in mature peach fruits over $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, the residue amount of another treatment was less than $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, most treatments of soil application was even below $0.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. If according to $\text{MRL} \leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ of paclobutrazol in peach (current MRL of EU), based on canopy projection area, different dosage by soil application ($0.0375 \sim 0.225 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), the residues in mature fruits do not exceed the allowed figure; Paclobutrazol applied by canopy spraying with no higher than $1\,500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in open orchard or $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in green-house peach, and no more than 2 times, the residues in mature fruits do not exceed the standard, either.

Key words: peach; paclobutrazol; residue

收稿日期: 2013-03-22; 修回日期: 2013-06-17

基金项目: ‘十一五’国家科技支撑计划项目 (2009BADB7B04); 中国农业科学院果树生长发育与品质控制重点开放实验室项目

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: chenjinyong@126.com; Tel: 0371-65330948)

多效唑, 又叫氯丁唑, 化学名称为 (2RS, 3RS) - 1 - (4 - 氯苯基) - 4,4 - 二甲基 - 2 - (1H-1, 2,4 - 三唑 - 1 - 基) 戊 - 3 - 醇, 是一种三唑类植物生长调节剂, 代号为 PP₃₃₃, 英文通用名为 paclobutrazol, 为低毒化合物, 目前尚无致畸、致癌、致突变报道, 每日允许摄入量(ADI)为 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (朱蕙香 等, 2002)。

作为一种广谱、高效生长延缓类植物生长调节剂, 多效唑可控制桃、李、杏、樱桃、苹果等落叶果树以及荔枝、香蕉、芒果、龙眼等常绿果树的营养生长、促进成花, 丰产稳产 (黄海 等, 1992; Chanana et al., 2007; Navtej et al., 2007; 黄宏芬 等, 2009; 王存 等, 2009; 韦明兵 等, 2009)。在中国, 多效唑在芒果、荔枝、花生、大豆、水稻、小麦等作物上获得了农药使用登记 (资料来源 <http://www.Chinapesticide.gov.cn/>), 虽然在桃树上尚未登记, 但目前多效唑在幼年桃树和高密度桃园中应用较为普遍。桃树合理使用多效唑, 基本可免除夏季修剪, 减轻冬季修剪工作量, 并促进花芽分化, 提高产量等 (黄海 等, 1991, 1997; 徐映明 等, 1991; 沈岳清 等, 1995; 贾洪涛 等, 2003; 尤爱琴 等, 2006; 王志强 等, 2008)。

随着消费者对食品安全的关注, 多效唑的残留问题越来越引起人们的重视, 多效唑在桃上的安全使用技术研究鲜有报道, 缺乏相关生产技术规程和残留限量标准。作者就桃生产中常用的多效唑叶面喷施浓度以及土壤施用剂量对桃成熟果实中多效唑残留状况进行了测定和研究, 以期评价多效唑在桃上使用的安全性, 制定其残留限量标准以及保障果品安全提供依据。

1 材料与方法

1.1 田间试验

2010 年以露地栽培的 7 年生‘沙红’桃为试材 (株行距为 $4 \text{ m} \times 8 \text{ m}$), 2011 年以露地栽培的 7 年生‘松森’桃 (株行距为 $3 \text{ m} \times 5 \text{ m}$) 和大棚栽培的 5 年生‘兴农红’桃 (株行距为 $1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$) 为试材。供试药剂为上海升联化工有限公司生产的 15%多效唑可湿性粉剂。参照多效唑在桃生产中常用施用方法、浓度及次数 (黄海 等, 1992, 1997; 王志强 等, 2008), 设置整株叶面喷施和土壤施用方法。

叶面喷施: 叶面喷施浓度及次数设 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次 (即使用 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的多效唑喷施 2 次, 下同)、 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 3$ 次、 $750 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次、 $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 1$ 次、 $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次、 $1\,250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次、 $1\,500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 1$ 次和 $1\,500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次。使用背负式喷雾器将不同浓度多效唑水溶液均匀喷到树冠叶片上, 喷至叶片滴水为止。第 1 次喷施在新梢长度介于 $5 \sim 10 \text{ cm}$ 时进行, 露地栽培‘沙红’、‘松森’和大棚栽培‘兴农红’桃的第 1 次具体喷施时间分别为 2010 年 5 月 6 日、2011 年 5 月 4 日和 2011 年 3 月 31 日, 多次喷施间隔 $14 \sim 18 \text{ d}$, 最后 1 次施药距果实成熟采收约 30 d。

土壤施用: 按树冠投影面积, 施入多效唑有效成分剂量分别为 0.0375、0.075、0.10、0.15 和 $0.225 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。采用环状沟土施, 施用时间为开花前 1 周左右。

试验按农业部《农药登记残留田间试验标准操作规程》要求进行操作。所有试验均设未施药的对照。所有处理 2 株小区, 3 次重复。2011 年露地试验比 2010 年露地试验增设 $0.10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 土壤施用处理, 2011 年大棚栽培桃试验参照当地使用方法进行。

1.2 多效唑残留量测定

1.2.1 样品采集

桃果实样品采集按农业部《农药登记残留田间试验标准操作规程》要求, 露地栽培‘沙红’桃、

‘松森’桃和大棚栽培‘兴农红’桃分别于2010年7月3日、2011年7月6日和2011年5月19日果实成熟时进行，每小区随机采集12个以上（不少于2 kg）生长正常、无病虫害的果实，去除果柄，弃掉果核，切成碎块，四分法缩分样品，匀浆后取150 g左右的样品两份，放入-20℃低温冰柜中待测。

1.2.2 多效唑残留量测定方法

多效唑残留量采用气相色谱—三重四级杆串联质谱仪（GC-MS-MS）测定。称取10 g所采集桃果实样品（精确至0.01 g），置于50 mL离心管中，加入4 g无水硫酸镁、1 g无水乙酸钠和10 mL乙腈，剧烈振摇5 min后于4 000 r·min⁻¹下离心10 min；取8.0 mL上清液于10 mL离心管中，加入0.5 g 40~60 μm C₁₈吸附剂、0.5 g无水硫酸镁，用涡旋混合器混匀，6 000 r·min⁻¹离心5 min；直接取上清液1.0 mL过0.2 μm滤膜，注入气相色谱样品瓶中上机测定。

色谱柱用30.0 m×320 μm×0.25 μm HP-5MS毛细管柱，进样口温度250℃；进样口流量1.8 mL·min⁻¹，柱温150℃ 2 min（3℃·min⁻¹）→200℃（8℃·min⁻¹）→220℃（25℃·min⁻¹）→280℃ 2.0 min。

离子源温度230℃，传输线温度280℃，母离子286，子离子1 208，子离子2 271，进样体积1.0 μL，进样模式为不分流。

对所有试验数据采用邓肯氏新复极差法（SSR）做相应的统计分析。

2 结果与分析

2.1 多效唑标准曲线及分析方法的灵敏度、准确度和精密度

在上述色谱条件下，多效唑峰面积（y）与浓度（x）在0.02~5.00 mg·kg⁻¹范围内呈线性相关，相关方程为 $y = 103.49x + 1.15$ ， $R^2 = 0.9932$ ，满足定量分析的要求。该方法最低检测量为 5×10^{-12} g，最低检测浓度为0.005 mg·kg⁻¹。在空白桃果实样品中分别添加0.02、0.50、5.00 mg·L⁻¹多效唑标准溶液时，6次重复测定的平均添加回收率分别为82.82%、86.08%和101.35%，变异系数（相对标准偏差）分别为7.20%、2.55%和4.40%。分析方法的准确度及精密度均符合NY/T 788-2004《中华人民共和国农业行业标准——农药残留试验准则》的分析要求。

2.2 多效唑在桃果实中的残留量分析

2010—2011年在3个桃品种上进行的多效唑残留量试验结果表明，经不同剂量土壤施用后，多效唑在桃果实中有微量残留，但与对照无显著差异，处理之间也没有明显的递增规律（表1）。

表1 土壤施用多效唑在桃果实中的残留量
Table 1 Residue of paclobutrazol in peach fruits by soil application

土施剂量/(g·m ⁻²) Dosages	露地栽培‘沙红’桃 Field ‘Shahong’ peach	露地栽培‘松森’桃 Field ‘Songsen’ peach	大棚栽培‘兴农红’桃 Green-house ‘Xingnonghong’ peach
对照 Control	0.0082 a	0.0271 a	0.0228 a
0.0375	0.0750 a	0.0268 a	—
0.075	0.0060 a	0.0303 a	0.0389 a
0.10	—	0.0187 a	0.0269 a
0.15	0.0820 a	0.0213 a	0.0173 a
0.225	0.0255 a	0.0202 a	0.0179 a

注：同列数据后字母相同表示在0.05水平上差异不显著（SSR法）。

Note: Numbers within same column followed by the same letter means no significantly different at the 0.05 level (SSR).

叶面喷施多效唑后, 尽管有些处理 ($500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次、 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 3$ 次、 $750 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次、 $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次、 $1\,250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次、和 $1\,500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次) 果实中多效唑残留量显著高于对照, 但除大棚栽培桃试验中 $1\,250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 2$ 次处理的桃果实中多效唑残留量超过 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 外, 其他喷施处理的多效唑在桃果实中的残留量均未超过 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (表 2)。

空白桃果实样品中有微量多效唑检出, 系试验桃园往年使用过多效唑所致, 由于残留量非常低, 对整体结果无明显影响。

表 2 叶面喷施多效唑在桃果实中的残留量
Table 2 Residue of paclobutrazol in peach fruits by foliar spraying

喷施浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) Concentration	喷施次数 Times	露地栽培 ‘沙红’ 桃 Field ‘Shahong’ peach	露地栽培 ‘松森’ 桃 Field ‘Songsen’ peach	大棚栽培 ‘兴农红’ 桃 Green-house ‘Xingnonghong’ peach
对照 Control	1	0.0082 b	0.0271 d	0.0228 c
500	2	0.1255 ab	0.1206 bc	0.2075 bc
500	3	0.1317 a	0.1797 b	—
750	2	—	—	0.3055 b
1 000	1	0.0978 ab	0.0703 cd	—
1 000	2	0.1709 a	0.1426 b	0.2882 b
1 250	2	—	—	0.5229 a
1 500	1	0.0710 ab	0.0763 cd	—
1 500	2	0.1355 a	0.3038 a	—

注: 同列数据后字母不同表示在 0.05 水平上差异显著 (SSR 法)。

Note: Numbers within same column followed by the different letter are significantly different at the 0.05 level (SSR).

3 讨论

多效唑在桃生产中作用巨大, 效果显著, 但如果使用剂量过大造成桃果实中残留量过高, 可能会对人类健康造成危害。因此, 许多国家对多效唑最大残留限量 (Maximum Residue Limit, 简称 MRL) 作了规定: 欧盟 2008 年 9 月 2 日实施的桃果实 (含油桃和杂交桃) 残留限量标准为 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (<https://secure.pesticides.gov.uk/MRLs/>); 日本规定在普通桃果实中为 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 油桃为 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 韩国规定桃果实中为 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 新西兰和澳大利亚规定在桃中为 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (<http://www.tbtsps.com/foodsafety/xlbz/Pages/japan.spx>), 该限量等于或接近于检测限; 瑞典已禁止在果树上使用多效唑 (宋莹 等, 2011)。

根据多效唑在桃果实中的残留量是否低于最大残留限量值来判断多效唑在桃树上使用是否安全。目前中国没有规定多效唑在桃果实中的残留限量值, 鉴于不同国家规定的桃果实残留限量标准从 $0.01 \sim 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的范围, 本文结合中国苹果、荔枝残留限量标准 $\text{MRL} \leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (GB 2763-2005, GB 28260-2011), 参照欧盟桃残留限量标准 ($\text{MRL} \leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 来对多效唑在桃果实中的残留量进行评估, 分析其在 $\text{MRL} \leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 标准下为安全使用方法。2010—2011 年进行的 3 个桃品种试验中, 仅 2011 年大棚桃试验中最高浓度处理 ($1\,250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 喷施 2 次) 的桃果实中多效唑残留量超过 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其它处理的残留量均未超过此限量。因此, 在此标准下, 所有土施方法对桃果实安全, 整株喷施方法在露地条件下浓度不超过 $1\,500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、在大棚条件下浓度不超过 $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 喷施次数不多于 2 次, 对桃果实安全。

在本试验中, 相同喷施处理的大棚栽培桃果实中多效唑含量整体上略高于露地桃, 原因可能由于大棚和露地环境的差异, 露地条件下因雨水的淋洗冲刷作用导致多效唑残留量较低, 而大棚是一个相对封闭的环境, 雨水淋洗不到叶片和果实上, 另外大棚里种植的是早熟品种, 生长发育期相对

较短,多效唑在植株体内的降解时间较短。尽管试验中多效唑土施剂量有所差别,但其在果实中的最终残留量相差甚微,没有表现出明显的梯度规律;喷施处理则有一定的梯度规律,相同浓度时,喷施次数越多,其在果实中的最终残留量越大。在 3 个试验的空白对照果实中检测到有不高于 $0.0271 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的微量多效唑,可能是试验桃园往年使用过多效唑造成的,由于其残留量非常低,对试验结果无明显影响。

在多效唑施用方法研究上,黄海等(1997)的研究表明,多效唑土施比喷施省工、效果好、成本低,而且在发挥同等效果的前提下,土壤施入比叶面喷施的残留低,在春季新梢旺长前 1.5 个月之上,按树冠投影面积施入有效成分剂量不超过 $0.25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 时,多效唑在桃果实中的残留量一般不超过 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。本研究结果与其一致。分析其原因在于土施时间比喷施时间早,离果实成熟时间较长,一般在 3 个月以上,多效唑土施后在土壤和桃树体内经过复杂的移动、沉降、吸收、运转和分配,导致其在果实内的残留量较低。不过,使用多效唑处理后,不管是喷施或是土施,桃园土壤中或多或少能检测到多效唑残留,说明多效唑在土壤中残留时间较长,使用多效唑要考虑其在土壤及桃树体内的累积效应,以免对桃翌年生长发育及后茬作物造成不良影响(黄海等,1990;Sharm & Awashi, 2005;刘果等,2006;Chanana & Gill, 2007;Milfont, et al., 2008)。

试验中在田间自然条件下对多效唑常用方法的安全性进行了研究和评价,但仅涉及 3 个普通桃品种,而且大棚桃试材仅一年 1 个品种,研究和评价还不够系统和完善,今后还需要深入系统研究多效唑在不同类型土壤中,不同生长发育期桃、油桃品种中的降解、残留情况以及环境条件、气象因素对其降解、残留的影响,探索安全使用技术,在保证对环境和人类健康不造成危害的前提下,充分发挥其作用效果。

References

- Chanana Y R, Gill K S. 2007. Effect of soil application of paclobutrazol on growth of Earli Grande peach trees. *India J Hort*, 64 (2): 211 - 212.
- Huang Hai. 1990. The application research of PP₃₃₃ on stone fruits. *Journal of Fruit Science*, 7 (3): 181 - 185. (in Chinese)
- 黄 海. 1990. 关于 PP₃₃₃ 在核果类果树上的应用研究. *果树科学*, 7 (3): 181 - 185.
- Huang Hai, Fang Jin-bao, Tang Chang-qing, Zhang Wei-yuan. 1997. The dose of paclobutrazol on peach and residue in fruit. *Journal of Fruit Science*, 14 (3): 156 - 158. (in Chinese)
- 黄 海, 方金豹, 唐常青, 张威远. 1997. 桃树使用多效唑的剂量及在果实内的残留. *果树科学*, 14 (3): 156 - 158.
- Huang Hai, Cao Shang-yin, Fang Jin-bao, Zhang Wei-yuan, Tang Chang-qing. 1991. Effect of paclobutrazol on vegetative and reproductive growth of peach cultivars. *Journal of Fruit Science*, 8 (3): 151 - 158. (in Chinese)
- 黄 海, 曹尚银, 方金豹, 张威远, 唐常青. 1991. 多效唑对桃树生长和结果的影响. *果树科学*, 8 (3): 151 - 158.
- Huang Hong-fen, Lü Lie-wu. 2009. Research advances of paclobutrazol on tropical fruit trees. *Modern Agricultural Science and Technology*, 6: 25 - 26. (in Chinese)
- 黄宏芬, 吕烈武. 2009. 多效唑在几种热带果树上的研究进展. *现代农业科技*, 6: 25 - 26.
- Huang Hai, Zhou Run-sheng, Lu Ren-qiang, Deng Hong-ning, Liu Yi-ren, Ouyang Wei-min, Wu Bang-liang, Wang Shi-ping, Fang Jin-bao, Shi You-zhu, Chen Xiao-lang, Dang Tao. 1992. The application technology of paclobutrazol on stone fruit (peach and cherry). *National Scientific and Technological Achievements*. (in Chinese)
- 黄 海, 周润生, 鲁初强, 邓红宁, 刘以仁, 欧阳维敏, 吴邦良, 王世平, 方金豹, 史幼珠, 陈晓浪, 党 涛. 1992. 多效唑在核果类果树(桃和樱桃)上的应用技术. 国家科技成果.
- Jia Hong-tao, Dang Jin-ding, Liu Feng-lian. 2003. Physiological function mechanism and application of multi-effect triazole. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 31 (2): 323 - 324. (in Chinese)
- 贾洪涛, 党金鼎, 刘凤莲. 2003. 植物生长延缓剂多效唑的生理作用及应用. *安徽农业科学*, 31 (2): 323 - 324.

- Liu Guo. 2006. Effects of PP₃₃₃ on tall fescue (*Fescue arundinacea* Schreb.) [M. D. Dissertation]. Chengdu: Sichuan University. (in Chinese)
- 刘 果. 2006. 多效唑对高羊茅的调控效应研究[硕士论文]. 成都: 四川大学.
- Milfont M L, Antonino A C D, Martins J M F, Netto A M, Gouveia E R, Correa M M. 2008. Paclobutrazol transport in soil columns. *Revista brasileira de ciencia do solo*, 32 (5): 2165 - 2175.
- Navitej S, Chanana Y R. 2007. Effect of paclobutrazol and spacing on growth and yield of Shan-e-Punjab cv. of peach. *India J Hort*, 64 (4): 456 - 458.
- Sharma D, Awasthi M D. 2005. Persistence of paclobutrazol residues in soils of some mango growing areas of India. *Pesticide Research Journal*, 17 (1): 82 - 84.
- Sharma D, Awasthi M D. 2005. Uptake of soil applied paclobutrazol in mango (*Mangifera indica* L.) and its persistence in fruit and soil. *Chemosphere*, 60 (2): 164 - 169.
- Shen Yue-qing. 1995. The application technology of paclobutrazol on agriculture. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 6: 43 - 45. (in Chinese)
- 沈岳清. 1995. 多效唑在农业上的应用技术. *上海农业科技*, 6: 43 - 45.
- Song Ying, Zhang Yao-hai, Huang Xia, Pan Jia-rong, Jiao Bi-ning. 2011. Rapid determination of paclobutrazol in fruits by QuEChERS cleanup and gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 39 (8): 1270 - 1273. (in Chinese)
- 宋 莹, 张耀海, 黄 霞, 潘家荣, 焦必宁. 2011. 气相色谱—串联质谱法快速检测水果中的多效唑残留. *分析化学*, 39 (8): 1270 - 1273.
- Wang Cun. 2009. Application of paclobutrazol in plant production. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 29 (2): 67 - 72. (in Chinese)
- 王 存. 2009. 多效唑在植物生产上的应用现状. *热带农业科学*, 29 (2): 67 - 72.
- Wang Zhi-qiang, Yu Min, Gao Hui-ling. 2008. Application of paclobutrazol on peach trees. *China Forestry*, 3: 54. (in Chinese)
- 王志强, 于 敏, 高慧玲. 2008. 多效唑在桃树上的应用. *中国林业*, 3: 54.
- Wei Ming-bing, Wei Rui-xia. 2009. Paclobutrazol application in fruit-tree. *Beijing Agriculture*, 3: 51 - 54. (in Chinese)
- 韦明兵, 韦瑞霞. 2009. 多效唑在果树上的应用. *北京农业*, 3: 51 - 54.
- Xu Ying-ming. 1991. The application technology of paclobutrazol of plant growth regulators. Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press: 148 - 171. (in Chinese)
- 徐映明. 1991. 植物生长调节剂多效唑应用技术. 北京: 中国农业科技出版社: 148 - 171.
- You Ai-qin, Zhang Chang-jie, Ge Tian-an. 2006. How to use paclobutrazol on production of fruit tree. *Fruit Growers' Friend*, (3): 34 - 35. (in Chinese)
- 尤爱琴, 张昌杰, 葛天安. 2006. 果树生产上如何使用多效唑. *果农之友*, (3): 34 - 35.
- Zhu Hui-xiang, Zhang Zong-jian, Chen Hu-bao. 2002. Guide for application of plant growth regulators. Beijing: Chemical Industry Press: 70 - 73. (in Chinese)
- 朱蕙香, 张宗俭, 陈虎保. 2002. 常用植物生长调节剂应用指南. 北京: 化学工业出版社: 70 - 73.