

# 青海省油用牡丹籽油的质量分析

储转南<sup>1</sup>, 董玲<sup>1\*</sup>, 李卫文<sup>1\*</sup>, 杨小方<sup>1</sup>, 彭星星<sup>1</sup>, 汤博<sup>1</sup>, 罗建帮<sup>2</sup>

(1. 安徽省农业科学院园艺研究所, 安徽合肥 230001; 2. 共和县鑫邦种植专业合作社, 青海西宁 810001)

**摘要** [目的]研究青海省油用牡丹籽油的质量。[方法]通过溶剂浸提、真空浓缩法提取青海共和县、安徽铜陵市和亳州市3个产地的牡丹籽原油;按照 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》第二法 外标法测定比较3个产地牡丹籽原油的脂肪酸成分。[结果]青海省共和县牡丹籽油提取率为29.38%、牡丹籽油不饱和脂肪酸含量为74.284%,其中所含 $\alpha$ -亚麻酸为25.651%,均高于安徽铜陵和亳州产区。[结论]青海省共和县的地理位置与气候适宜油用牡丹种植,可以进行大面积推广种植。

**关键词** 牡丹籽油; 不饱和脂肪酸; 溶剂浸提; 真空浓缩法

中图分类号 TS227 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)24-0184-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.24.052

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Quality Analysis of Oil Peony Seed Oil in Qinghai Province

CHU Zhuan-nan, DONG Ling, LI Wei-wen et al (Institute of Horticulture, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230001)

**Abstract** [Objective] To study the quality of the oil peony seed oil in Qinghai Province. [Method] The peony seed oil of Gonghe County of Qinghai Province, Tongling and Bozhou City of Anhui Province was extracted by solvent extraction method, and the crude oil of peony seed was obtained by vacuum concentration in addition to the organic solvent. The fatty acid composition of peony seed crude oil was determined by external standard method according to GB 5009.168-2016 National Food Safety Standard Determination of Fatty Acids in Food. [Result] The extraction rate of peony seed oil was 29.38%, the content of unsaturated fatty acid in peony seed oil was 74.284%, and the content of  $\alpha$ -linolenic acid was 25.651%, which was higher than that in Tongling and Bozhou areas of Anhui Province. [Conclusion] The geographical location and climate of Gonghe County in Qinghai Province are very suitable for planting oil peony, which can be widely planted.

**Key words** Peony seed oil; Unsaturated fatty acid; Solvent extraction; Vacuum concentration method

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)是芍药科(Paeoniaceae)芍药属(*Paeonia*)牡丹组(*Paeonia* section Mudan)多年生落叶亚灌木,是我国传统名花,观赏和药用价值极高<sup>[1]</sup>,药用其干燥根皮,名“丹皮”,为34种常用的中药材之一,丹皮以安徽铜陵凤凰山所产的质量最佳,故称凤丹,目前全国最大的凤丹种植区位于安徽亳州,约1万hm<sup>2</sup>。

随着国家粮油安全生产问题的日益突出,大力发展木本油料作物,是党中央、国务院站在保障我国粮油安全、促进农民增收致富的战略高度作出的重大决策。经研究发现牡丹籽油中含有大量的 $\alpha$ -亚麻酸、亚油酸和油酸等不饱和脂肪酸,具有较高的营养价值和保健功能<sup>[2]</sup>。2011年国家卫生部颁布了关于牡丹籽油作为食用植物油新资源的公告,并将“凤丹”和“紫斑牡丹”2种牡丹的种子作为食用油的新资源,自此油用牡丹行业开始发展起来。2012年国家林业局将油用牡丹列为四大重点扶持的木本油料树种。由于“凤丹”适应性强,具有抗寒、耐旱、耐瘠薄、结籽量大、产油率高、油质优等特点<sup>[3]</sup>,目前油用牡丹品种以“凤丹”为主。继党的十九大明确提出实施乡村振兴战略,中央先后出台了《国务院办公厅关于加快木本油料产业发展的意见》《关于整合和统筹资金支持贫困地区木本油料产业发展的指导意见》,2017

年国家发展改革委员会、农业农村部安排青海省农业生产发展专项中央预算内资金4182万元,支持化隆回族自治县、共和县建设大宗油料基地,其中油用牡丹作为重点项目还得到了青海省科技厅、安徽省科技厅援青项目的支持<sup>[4]</sup>。2017年青海省共和县从安徽引进“凤丹”品种进行引种栽培,生长状态良好,目前已进入籽收获的盛期,但缺乏其籽油的质量分析。该试验自青海共和县、安徽铜陵市、安徽亳州市采集5年生凤丹种子,进行牡丹籽油质量分析,评价凤丹作为油用牡丹在青海地区的品质及种植推广前景。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 仪器设备。**气相色谱仪(Shimadzu GC 2010 Pro, FID检测器);粉碎机(山东精诚, WK-400A);恒温水浴锅(常州国宇, HH-S6);分析天平(METTLER TOLEDO, ME104);离心机(Eppendorf, Centrifuge 5425);循环水真空泵(巩义市予华, SHZ-D(III));旋转蒸发仪(上海沪西, RE52-3)。

**1.1.2 试材。**供试材料共3种,分别于2019年种子成熟季采收于青海省共和县、安徽省亳州市、安徽省铜陵市5年生牡丹成熟种子,分别简称为青海、亳州、铜陵。经安徽医科大学陈飞虎教授鉴定为芍药科芍药属牡丹种子。

**1.1.3 试剂。**试剂参考 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》第二法 外标法中相关试剂。除非另有说明外,该方法所用试剂均为分析纯,水为 GB/T 6682 规定的一级水<sup>[5]</sup>。

### 1.2 方法

**1.2.1 千粒重的测定。**参考 GB/T 5519—2008《谷物与豆类

**基金项目** 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-21);安徽省重点研究和开发计划援疆援藏援青项目(1804-c3020318)。

**作者简介** 储转南(1988—),女,安徽安庆人,助理研究员,博士,从事中药材种质资源与遗传育种研究。\*通信作者:董玲,研究员,从事中药材品种选育与栽培技术研究;李卫文,助理研究员,从事中药材育种与品质分析研究。

**收稿日期** 2020-09-07

千粒重的测定》进行千粒重测定<sup>[6]</sup>。

**1.2.2 牡丹籽油提取方法。**分别选用在种子成熟季采收于青海省共和县、安徽省亳州市、安徽省铜陵市新鲜饱满、无虫害、成熟的牡丹籽,使用高速万能粉碎机粉碎,过 40 目筛,称取 10 g(精确至 0.001 g),按料液比 1:11(g:mL)加入石油醚溶剂,在 57 ℃ 恒温水浴锅中浸提 5 h 后,抽滤除去残渣,得到滤液。该滤液于 50 ℃、150 r/min、0.06 MPa 的条件下真空浓缩至除尽有机溶剂,得到牡丹籽原油<sup>[7-9]</sup>。按照以下公式计算牡丹籽原油提取率:提取率=牡丹籽原油质量(g)/牡丹籽

粉质量(g)×100%。

**1.2.3 牡丹籽油中脂肪酸的测定方法。**参考 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》第二法外标法。

## 2 结果与分析

**2.1 不同产地牡丹籽的外观形态与千粒重** 从图 1 可以看出,3 个不同产地牡丹籽的外观形态上存在差异,主要表现在种皮色泽和饱满度上。安徽省铜陵市和亳州市的牡丹籽种皮颜色黑亮,种子两侧有凹陷,相对饱满度低,而青海省共和县的牡丹籽种皮颜色偏棕红色,种子饱满圆润。

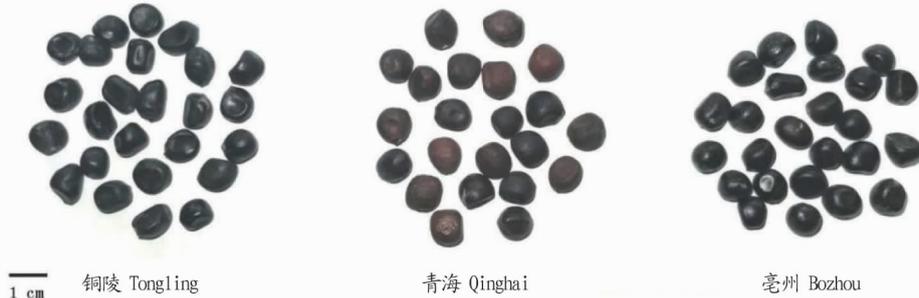


图 1 3 个产地的干燥牡丹籽外观形态

Fig.1 The phenotypes of dry peony seeds from three producing areas

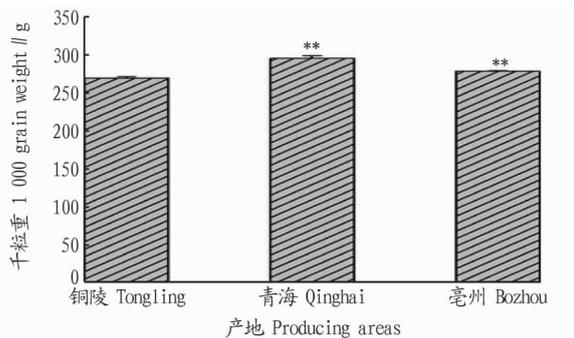
图 2 结果显示,3 个产地的牡丹籽千粒重具有显著性差异:青海省共和县的牡丹籽千粒重最高,均值为 295.89 g,其次是安徽省亳州市,为 278.81 g;最后是安徽省铜陵市,为 269.80 g。这与图 1 所示籽粒外观形态中饱满度差异一致。

饱和脂肪酸(油酸、亚油酸、亚麻酸)总量在 64.865%~74.284%,其中单不饱和脂肪酸油酸含量在 21.432%~25.614%,多不饱和脂肪酸亚油酸含量在 22.892%~26.941%, $\alpha$ -亚麻酸含量在 17.174%~25.651%(表 2)。

表 1 不同产地牡丹籽油提取率

Table 1 The extraction rate of peony seed oil from different areas

产地 Producing areas	牡丹籽油重量 Peony seed oil weight g	牡丹籽油提取率 Extraction rate of peony seed oil//%
铜陵 Tongling	1.911	19.11
青海 Qinghai	2.938	29.38
亳州 Bozhou	2.415	24.15



注:用  $t$  检验法进行分析,青海和亳州样品分别与铜陵样品相比, \*\* 表示差异极显著( $P < 0.01$ )

Note: $t$ -test was applied for analysis, and the samples from Qinghai and Bozhou were compared with those from Tongling, respectively. \*\* indicates the difference was extremely significant ( $P < 0.01$ )

图 2 3 个产地牡丹籽千粒重

Fig.2 The 1 000 grain weight of peony seeds from three producing areas

**2.2 牡丹籽油提取得率** 由表 1 可知,青海省共和县的牡丹籽油提取率最高,为 29.38%,其次是安徽省亳州市,为 24.15%,最低是安徽省铜陵市,为 19.11%。

**2.3 牡丹籽油中脂肪酸成分分析** 3 个产地的牡丹籽油中的脂肪酸成分见图 3。供试的牡丹籽油经气相色谱检测共有 37 个峰。其中,检测出脂肪酸成分 16 种。3 个产地牡丹籽的饱和脂肪酸含量(棕榈酸、硬脂酸)在 6.276%~6.680%;不

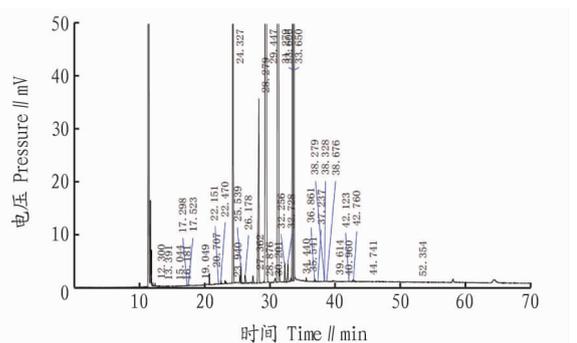


图 3 3 个产地牡丹籽油中的脂肪酸气相色谱图

Fig.3 Gas chromatograms of fatty acids in peony seed oil from three producing areas

**2.4 不同产地牡丹籽油质量比较** 脂肪酸分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸是构成体内脂肪的一种脂肪酸,是人体所必需的脂肪酸,是判断植物油价值的重要依据<sup>[10]</sup>。将 3 个产地牡丹籽油中不饱和脂肪酸含量进行比较

分析,结果见表3。从表3可以看出,青海省共和县牡丹籽油中油酸和 $\alpha$ -亚麻酸含量差异极显著,表现最高,分别为25.611%、25.651%;亚油酸含量在安徽铜陵样品中表现最高,为26.941%,其次是安徽亳州样品为24.669%,青海共和县样品含量表现最低,为22.892%;不饱和脂肪酸总量在青海共和

县样品表现最高,为74.284%,差异极显著,其次是安徽铜陵样品,总量为68.874%,含量的最低为安徽亳州样品为64.865%; $\gamma$ -亚麻酸在牡丹籽油中含量普遍极低,在安徽亳州样品中含量最高,仅占0.168%。

表2 3个产地牡丹籽油脂肪酸含量分析

Table 2 The analysis of fatty acid contents in peony seed oil from three producing areas

%

产地 Producing areas	肉豆蔻酸 Myristic acid	十五碳酸 Pentadecanoic acid	棕榈酸 Palmitic acid	棕榈油酸 Palmitoleic acid	十七碳酸 Heptadecanoic acid	十七碳一烯酸 Heptadecanoenoic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid
铜陵 Tongling	0.047±0.001	0.016±0.001	5.007±0.003	0.081±0.001	0.064±0.003	0.050±0.002	1.648±0.001	24.614±0.002
青海 Qinghai	0.047±0.001	0.016±0.001	5.255±0.004**	0.108±0.001**	0.093±0.001**	0.092±0.001**	1.425±0.001**	25.611±0.005**
亳州 Bozhou	0.040±0.000**	0.017±0.000	4.765±0.006**	0.082±0.001	0.075±0.001	0.062±0.001**	1.511±0.003**	21.432±0.003**

产地 Producing areas	亚油酸 Linoleic acid	花生酸 Arachidic acid	$\gamma$ -亚麻酸 $\gamma$ -linolenic acid	二十碳一烯酸 Eicosaenoic acid	$\alpha$ -亚麻酸 alpha-linolenic acid	二十碳二烯酸 Eicosadienoic acid	二十二碳酸 Behenic acid	二十碳五烯酸 Eicosapentaenoic acid
铜陵 Tongling	26.941±0.002	0.118±0.001	0.146±0.001	24.039±0.001	17.174±0.006	0.020±0.001	0.015±0.000	0.015±0.000
青海 Qinghai	22.892±0.004**	0.104±0.002**	0.129±0.002**	18.540±0.208**	25.651±0.214**	0.010±0.000**	0.017±0.001	0.011±0.000**
亳州 Bozhou	24.669±0.001**	0.120±0.001*	0.168±0.001**	28.411±0.206**	18.595±0.214**	0.020±0.001	0.014±0.000	0.016±0.001

注:用 $t$ 检验法进行分析,青海和亳州样品分别与铜陵样品相比,\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ ),\*表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: $t$ -test was applied for analysis, and the samples from Qinghai and Bozhou were compared with those from Tongling, respectively. \*\* indicates the difference was extremely significant ( $P$  value < 0.01), \* indicates the difference was significant ( $P$  value < 0.05)

表3 3个产地牡丹籽油不饱和脂肪酸含量分析

Table 3 Analysis of unsaturated fatty acid content in peony seed oil from 3 producing areas

%

产地 Producing areas	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	$\alpha$ -亚麻酸 alpha-linolenic acid	$\gamma$ -亚麻酸 $\gamma$ -linolenic acid	不饱和脂肪酸总量 Total amount of unsaturated fatty acids
铜陵 Tongling	24.614±0.002	26.941±0.002	17.174±0.006	0.146±0.001	68.874±0.006
青海 Qinghai	25.611±0.005**	22.892±0.004**	25.651±0.214**	0.129±0.002**	74.284±0.207**
亳州 Bozhou	21.432±0.003**	24.669±0.001**	18.595±0.214**	0.168±0.001**	64.865±0.212**

注:用 $t$ 检验法进行分析,青海和亳州样品分别与铜陵样品相比,\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note: $t$ -test was applied for analysis, and the samples from Qinghai and Bozhou were compared with those from Tongling, respectively. \*\* indicates the difference was extremely significant ( $P$  value < 0.01)

对比3个产地牡丹籽油中饱和脂肪酸含量(表4)发现,牡丹籽油中饱和脂肪酸总量从大到小依次为青海共和县、安徽铜陵、安徽亳州,分别为6.680%、6.655%、6.276%,青海共和县样品中饱和脂肪酸含量略高于铜陵样品。其中,青海共和县样品中棕榈酸高于铜陵和亳州;而硬脂酸含量青海共和县样品中含量最低,为1.425%,其次是安徽亳州1.511%、安徽铜陵1.648%。

表4 3个产地牡丹籽油饱和脂肪酸含量分析

Table 4 Analysis of saturated fatty acid content in peony seed oil from 3 producing areas

%

产地 Producing areas	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	饱和脂肪酸总量 Total amount of saturated fatty acids
铜陵 Tongling	5.007±0.003	1.648±0.001	6.655±0.004
青海 Qinghai	5.255±0.004**	1.425±0.001**	6.680±0.005**
亳州 Bozhou	4.765±0.006**	1.511±0.003**	6.276±0.009**

注:用 $t$ 检验法进行分析,青海和亳州样品分别与铜陵样品相比,\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note: $t$ -test was applied for analysis, and the samples from Qinghai and Bozhou were compared with those from Tongling, respectively. \*\* indicates the difference was extremely significant ( $P$  value < 0.01)

### 3 讨论

**3.1 牡丹种子饱满度与含油率** 通过对安徽铜陵、青海共和、安徽亳州3个油用牡丹产地牡丹籽的外观形态和千粒重

对比分析,发现青海的种子饱满度最好,千粒重最高,与安徽铜陵和亳州的种子差异明显,表现突出。其次青海牡丹籽的种皮的颜色呈棕红色,颜色有别于安徽产区的黑色,较为独特。王兴宏等<sup>[9]</sup>对牡丹籽油提取工艺与精炼工艺进行了优化,牡丹籽油提取率为27.63%,而该研究中牡丹籽油含量测定中,青海省共和县样品表现最高(为29.38%),显著高于同期检测的铜陵和亳州样品。青海共和县牡丹籽外观颜色独特、饱满度以及含油量表现优异的原因可能与当地独特的气候条件有关。

研究表明在植物发育过程中,不同的环境因子会对植物产生影响,刺山柑(*Capparis spinose*)作物的种子含油率会受到品种、环境、气候条件的不同而波动,这些变化归因于生态环境的不同<sup>[10]</sup>。青海省共和县地处青海高原东北缘,地理坐标为99°~101.5°E、35.5°~37.2°N,属于高原大陆性气候,干旱少雨,日照充足,蕴藏着极为丰富的光能资源,据测定,共和县各地日照百分率高达61%~69%,且昼夜温差大。气候因素对植物利用光合作用来积累养分起着关键作用,这也可能是青海共和县牡丹籽粒饱满、颜色独特、含油量均差异于内陆产区样品的原因所在。

**3.2 牡丹籽油质量分析** 食用油是膳食结构中必需的营养物质,人类摄入食用油的应减少饱和脂肪酸的摄入量,

增加不饱和脂肪酸的摄入量,尤其是 $\alpha$ -亚麻酸的摄入<sup>[10]</sup>。牡丹籽油富含亚油酸和亚麻酸,是极具保健作用的优质食用油<sup>[11-12]</sup>,在该研究中,通过对比分析安徽铜陵、青海共和和安徽亳州3个产地的牡丹籽油中脂肪酸成分发现,青海的牡丹籽油不饱和脂肪酸含量(74.284%)>安徽铜陵(68.874%)>安徽亳州(64.865%),非常符合优质食用油的标准。其中青海共和县样品中油酸和 $\alpha$ -亚麻酸显著性高于安徽铜陵和亳州地区的样品,尤其是 $\alpha$ -亚麻酸的含量,青海(25.651%)的样品是安徽铜陵(17.174%)样品的1.5倍。而亚油酸的含量以安徽铜陵(26.941%)产区的最高,分别是青海(22.892%)的1.2倍、亳州(24.669%)的1.1倍。一般来说,亚油酸和 $\alpha$ -亚麻酸的含量是评估食用油质量的重要标准,能够降低血液胆固醇水平,预防心血管疾病和动脉粥样硬化<sup>[13-14]</sup>。综合比较3个产地的亚油酸和 $\alpha$ -亚麻酸之和,发现青海共和县(48.543%)>安徽铜陵(44.115%)>安徽亳州(43.264%),青海共和县的牡丹籽油表现更佳。

同时,通过对饱和脂肪酸(棕榈酸、硬脂酸)的测定,发现青海共和县牡丹籽油中棕榈酸的含量比安徽铜陵和亳州产区的高,这是青海牡丹籽油中饱和脂肪酸略高于安徽铜陵和亳州产区的原因,需要通过现代的种植技术进行品质改良。

#### 4 结论

该研究以“凤丹”为材料,调查和比较安徽铜陵市、青海共和县、安徽亳州市3个油用牡丹产地的牡丹籽油质量成分,结果表明,青海省共和县油用牡丹“凤丹”籽粒饱满、含油

量高,且饱和脂肪酸含量均高于安徽铜陵和亳州产区,研究数据说明青海省共和县的地理位置与气候条件非常适宜油用牡丹“凤丹”品种的应用与推广,具有种植和开发前景。

#### 参考文献

- [1] 范俊安,夏永鹏,申明亮,等.近15年牡丹皮研究文献分析[J].中国中医药信息杂志,2006,13(6):103-104.
  - [2] 王明清.“凤丹白”牡丹遗传转化体系的研究[D].上海:上海师范大学,2020.
  - [3] 周品,任博.山丹县东乐镇南滩油用牡丹产业发展现状及必要性分析[J].甘肃科技纵横,2019,48(3):12-14.
  - [4] 汤博,李卫文,储转南,等.油用牡丹在共和县的引种表现及栽培技术[J].现代农业科技,2019(20):143-144.
  - [5] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定:GB 5009.168—2016[S].北京:中国标准出版社,2017.
  - [6] 国家质量监督检验检疫总局.谷物与豆类 千粒重的测定:GB/T 5519—2008[S].北京:中国标准出版社,2009.
  - [7] 胡翠珍,李胜,马绍英,等.响应面法优化葡萄籽油提取工艺及其抗氧化性[J].食品科学,2015,36(20):56-61.
  - [8] 吴泽河,熊双丽.响应面-主成分分析法优化低糖菊芋饼干配方[J].核农学报,2018,32(3):539-547.
  - [9] 王兴宏,马绍英,李秉建,等.牡丹籽油提取工艺与精炼工艺的优化[J].核农学报,2019,33(8):1559-1568.
  - [10] 秦薇.不同因素对油用牡丹栽培品质的影响[D].哈尔滨:东北林业大学,2016.
  - [11] 张晓,王佳雅.牡丹籽油理化指标、卫生指标和脂肪酸组成分析[J].现代食品,2018(4):82-85,98.
  - [12] 丁熙柠,史田,杨林菲,等.不同海拔高度油用牡丹凤丹籽粒品质与气象因子的相关性研究[J].河南农业科学,2019,48(11):120-126.
  - [13] 王利民,符真珠,高杰,等.植物不饱和脂肪酸的生物合成及调控[J].基因组学与应用生物学,2020,39(1):254-258.
  - [14] 毛善巧,李西俊.牡丹籽油的研究进展及油用牡丹综合利用价值分析[J].中国油脂,2017,42(5):123-126.
- (上接第143页)
- 病的田间防治具有重要意义。
- 氟噻唑吡乙酮是杜邦公司研发的首个嘧啶噻唑啉异噁唑啉类杀菌剂,其作用位点新颖,对霜霉病、晚疫病等卵菌纲病害病原多个生长发育阶段均有抑制作用,在瓜类霜霉病、葡萄霜霉病、番茄晚疫病和辣椒疫病的田间防治中具有显著的防效<sup>[8]</sup>。但由于氟噻唑吡乙酮是作用位点单一类型杀菌剂,且黄瓜霜霉病病原极易产生抗药性,因此,田间应用时应及时掌握其对黄瓜霜霉病菌的抗性发展水平,与其他类型杀菌剂交替使用,延缓抗药性的产生。
- #### 参考文献
- [1] SAVORY E A,GRANKE L L,QUESADA-OCAMPO L M,et al.The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*[J].Molecular plant pathology,2011,12(3):217-226.
  - [2] LEBEDA A,COHEN Y.Cucurbit downy mildew(*Pseudoperonospora cubensis*)-biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control[J].European journal of plant pathology,2011,129(2):157-192.
  - [3] GISI U,SIEROTZKI H.Fungicide modes of action and resistance in downy mildews[J].European journal of plant pathology,2008,122(1):157-167.
  - [4] 陈永明,谷莉莉,林双喜,等.黄瓜霜霉病的研究进展及登记防治农药的分析[J].农学学报,2018,8(8):9-15,100.
  - [5] BLUM M,WALDNER M,OLAYA G,et al.Resistance mechanism to carboxylic acid amide fungicides in the cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*[J].Pest management science,2011,67(10):1211-1214.
  - [6] ZHAO X J,REN L,YIN H,et al.Sensitivity of *Pseudoperonospora cubensis* to dimethomorph,metalaxyl and fosetyl-aluminium in Shanxi of China[J].Crop protection,2013,43:38-44.
  - [7] 王文桥,韩秀英,吴杰,等.河北省和山东省黄瓜霜霉病菌对氟吡菌胺的抗性及常规药剂对黄瓜霜霉病的田间防效[J].植物保护学报,2019,46(2):385-392.
  - [8] 顾林玲,柏亚罗.氟噻唑吡乙酮的开发及应用[J].现代农药,2017,16(4):42-45,50.
  - [9] MIAO J Q,DONG X,LIN D,et al.Activity of the novel fungicide oxathiapiprolin against plant-pathogenic oomycetes[J].Pest management science,2016,72(8):1572-1577.
  - [10] 王廷廷.新型杀菌剂氟噻唑吡乙酮专利布局[J].农药市场信息,2016(15):29-31.
  - [11] 刘莲枝,段江华.增城赢绿防治马铃薯晚疫病效果试验[J].云南农业科技,2019(4):10-11.
  - [12] 吉沐祥,吴琴燕,王建华,等.10种生物和化学杀菌剂防治葡萄霜霉病的药效评价[J].农学学报,2017,7(3):17-23.
  - [13] MIAO J Q,DONG X,CHI Y D,et al.*Pseudoperonospora cubensis* in China:Its sensitivity to and control by oxathiapiprolin[J].Pesticide biochemistry & physiology,2018,147:96-101.
  - [14] 孟润杰,韩秀英,吴杰,等.河北省黄瓜霜霉病菌对甲霜灵和啞菌酯的抗性动态及七种药剂的田间防效[J].植物保护学报,2017,44(5):849-855.
  - [15] 席敦芹.不同药剂对黄瓜霜霉病的防治效果[J].安徽农业科学,2010,38(17):9057,9148.
  - [16] 王永存,李聪晓,刘桂芳.10%氟噻唑吡乙酮对黄瓜霜霉病防治效果研究[J].农业灾害研究,2016,6(6):60-61.
  - [17] COHEN Y,VAN DEN LANGENBERG K M,WEHNER T C,et al.Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*:The causal agent of cucurbit downy mildew[J].Phytopathology,2015,105(7):998-1012.
  - [18] OJIAMBO P S,GENT D H,QUESADA-OCAMPO L M,et al.Epidemiology and population biology of *Pseudoperonospora cubensis*:A model system for management of downy mildews[J].Annual review of phytopathology,2015,53:223-246.
  - [19] FRAC.FRAC list of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents.Fungicide resistance action committee,crop life international [EB/OL].(2006-12-10)[2020-02-05].http://www.frac.info.
  - [20] COHEN Y.The novel oomycete oxathiapiprolin inhibits all stages in the asexual life cycle of *Pseudoperonospora cubensis*-causal agent of cucurbit downy mildew[J].PLoS One,2015,10(10):1-22.