

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2021)01-0044-08

病虫害防治

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.01.007

## 啞菌酯对马铃薯早疫病最低有效防控剂量的研究

张建平<sup>1\*</sup>, 张福金<sup>2</sup>, 王 振<sup>3</sup>, 哈 斯<sup>1</sup>, 张欣昕<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农牧业科学院植物保护研究所, 内蒙古 呼和浩特 010031; 2. 内蒙古农牧业科学院资源环境与检测技术研究所, 内蒙古 呼和浩特 010031; 3. 内蒙古农业大学园艺与植物保护学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

**摘 要:** 由茄链格孢霉[*Alternaria solani* (Ell. et Mart.) Jones et Grouet.]引致的马铃薯早疫病是世界马铃薯产区普遍发生的病害, 喷施杀菌剂是防治马铃薯早疫病的常用手段。为探索减少杀菌剂啞菌酯施用剂量对马铃薯早疫病防治效果, 2018~2019年进行了啞菌酯对马铃薯早疫病最低有效防控剂量的田间试验。试验在3个地理区域(乌兰察布市凉城县、临汾市蒲县、呼伦贝尔市扎兰屯市)完成, 分别代表了不同气候、栽培和耕作特点。每个地点的2次施药分别在7月末和8月初进行, 间隔7~10 d。250 g/L啞菌酯悬浮剂有效剂量112.5 g/hm<sup>2</sup>处理, 在第2次施药后14 d的防效达80%以上, 此施药量为啞菌酯对马铃薯早疫病最低有效防控剂量, 比该农药登记推荐剂量(有效剂量150.0~187.5 g/hm<sup>2</sup>)减少用药25.00%~40.00%。研究结果可指导马铃薯早疫病防治农药减施和精准施药。

**关键词:** 杀菌剂; 啞菌酯; 最低有效防控剂量; 马铃薯; 早疫病

## Minimum Effective Dosage of Azoxystrobin for Control of Potato Early Blight

ZHANG Jianping<sup>1\*</sup>, ZHANG Fujin<sup>2</sup>, WANG Zhen<sup>3</sup>, HA Si<sup>1</sup>, ZHANG Xinxin<sup>2</sup>

(1. Plant Protection Institute, Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot, Inner Mongolia 010031, China; 2. Institute of Resources Environment and Detection Technology, Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot, Inner Mongolia 010031, China; 3. College of Horticulture and Plant Protection, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

**Abstract:** Potato early blight, caused by [*Alternaria solani* (Ell. et Mart.) Jones et Grouet.], is a world-wide disease occurring in the potato-producing regions, and fungicide application is common strategy of the disease control. In order to explore the effect of reducing the dose of Azoxystrobin on the control efficiency of potato early blight, the field experiments were conducted in 2018-2019 to determine the minimum effective dosage of Azoxystrobin application. These experiments were carried out in the three geographic locations (Liangcheng County, Wulanchabu City; Pu County, Linfen City; and Zhalantun City, Hulunbeir City), representing different climatic, cultural, and potato cropping systems. In each site, the application was carried out in late July and early August, respectively, with an interval of 7-10 days. When applying 250 g/L Azoxystrobin SC at 112.5 a.i.g/ha, its efficacy reached to over 80% on the 14th day after the second spraying. This concentration is the minimum dosage that still demonstrated the efficacy for disease control and was 25.00%-40.00% lower than that recommended (150.0-187.5 a.i.g/ha) by pesticide registration. The result could be used to guide the disease management with reduction and precision of this fungicide application.

**Key Words:** fungicide; Azoxystrobin; minimum effective dosage; potato; early blight

收稿日期: 2020-07-08

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0200203)。

作者简介: 张建平(1959-), 男, 研究员, 从事马铃薯植物保护工作。

\*通信作者(Corresponding author): 张建平, E-mail: jp\_zhang\_der@sina.com。

由真菌茄链格孢霉 [*Alternaria solani* (Ell. et Mart.) Jones et Grouet.] 引致的马铃薯早疫病是世界马铃薯产区普遍发生的病害<sup>[1-3]</sup>, 经常造成马铃薯严重的产量损失<sup>[4,5]</sup>。虽然通过使用合格种薯<sup>[2]</sup>、充足施肥特别是氮肥<sup>[3]</sup>、减少茎叶触水、及时排涝<sup>[6]</sup>、增施有机肥<sup>[7]</sup>等措施均可在一定条件下得到有效预防, 但使用杀菌剂常常是预防和治疗的主要方法<sup>[2,3,8-11]</sup>。啞菌酯由于其优良的防治效果和广泛的杀菌谱, 近年来被大量用于包括马铃薯早疫病在内的多种病害防治<sup>[12]</sup>, 该药剂自 1996 年上市以来, 其销售额持续增加, 居所有杀菌剂之首<sup>[13]</sup>。为探索减少施用剂量的可能性, 本研究进行了啞菌酯防治马铃薯早疫病最低有效防控剂量(防效达 80% 及以上对应的最低施药量为最低有效防控剂量)试验, 以期指导生产中防治马铃薯早疫病的农药减施和精准施药。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供试药剂: 250 g/L 啞菌酯悬浮剂(中文化学名: 啞菌酯, 英文化学名: Azoxystrobin, 中文商品名: 阿米西达, 英文商品名: Amistar), 英国先正达有限公司生产, 防治马铃薯早疫病推荐剂量为有效剂量 150.0~187.5 g/hm<sup>2</sup>, 在中国的农药登记号为 PD20142114, 1996 年开始在中国投入使用。

供试马铃薯品种: 2018 年内蒙古自治区乌兰察布市试验用‘费乌瑞它’、2018 年山西省临汾市试验用‘克新 1 号’, 2019 年内蒙古自治区呼伦贝尔市试验用‘费乌瑞它’, 均是当地主栽品种, 均易感染早疫病。所用种薯级别均为一级种。

### 1.2 试验地点

三个试验分别安排在马铃薯早疫病常年严重发生的北方一季作区和中原二季作区, 同一试验地块的所有处理小区的栽培条件、田间管理措施保持均匀一致。具体为 2018 年两个试验分别安排在北方一季作区天气较干旱的内蒙古自治区乌兰察布市和中原二季作区山西省临汾市, 2019 年试验安排在天气较湿润的内蒙古自治区呼伦贝尔市。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验设计

以供试药剂 250 g/L 啞菌酯悬浮剂农药登记推荐

剂量的低剂量, 即有效剂量 150 g/hm<sup>2</sup> 为基准, 分别设 0.5 倍、0.75 倍、1.0 倍和 1.5 倍 4 个剂量梯度, 即有效剂量 75.0、112.5、150.0、225.0 g/hm<sup>2</sup> 和一个未做任何处理的空白对照。共计 5 个处理, 4 次重复, 20 个小区随机区组排列, 小区面积 30 m<sup>2</sup>。株行距 40 cm × 50 cm, 每小区 150 株, 试验区四周设保护行 3~5 m 以避免边际效应影响。

由于采用的是 2 次施药设计, 故第 2 次施药后 14 d 的防效即是最终防效<sup>[14]</sup>, 其达 80% 及以上防效所对应的最低施药量就是 250 g/L 啞菌酯悬浮剂对马铃薯早疫病最低有效防控剂量。

#### 1.3.2 试验实施

北方一季作区天气较干旱地区试验安排在内蒙古自治区乌兰察布市凉城县岱海镇马房滩村(E 112°39'57", N 40°45'53")进行, 试验于 2018 年 7 月 30 日开始, 8 月 20 日完成。中原二季作区试验安排在山西省临汾市蒲县红道乡西坪垣村(E 111°20'52.42", N 36°43'83.29")进行, 试验于 2018 年 7 月 23 日开始, 8 月 16 日完成。北方一季作区天气较湿润地区试验安排在内蒙古自治区呼伦贝尔市扎兰屯市成吉思汗镇五一村(E 122°45'36.86", N 47°54'36.51")进行, 试验于 2019 年 7 月 26 日开始, 8 月 18 日完成。试验期间气象资料见表 1~3。

#### 1.3.3 施药方法

试验所用施药器械为新加坡利农 HD400 型喷雾器, 在病害发生初期施第 1 次药、间隔 7~10 d 施第 2 次药。按照药液量 30 L/667 m<sup>2</sup> 于施药日 15:00~18:00 进行茎叶喷雾处理。

乌兰察布市 2 次施药时间分别是 7 月 30 日和 8 月 6 日, 临汾市 2 次施药时间分别是 7 月 23 日和 8 月 2 日, 呼伦贝尔市 2 次施药时间分别是 7 月 26 日和 8 月 4 日。

#### 1.3.4 调查方法

第 1 次施药前调查病情指数基数, 此后分别于第 2 次施药前、第 2 次施药后 7 d 和第 2 次施药后 14 d 调查病情指数, 取样方法为每小区对角线五点取样, 每点标定 2 株, 调查全部叶片, 采用 0、1、3、5、7 和 9 分级标准。具体方法相同于张建平<sup>[15]</sup>。

#### 1.3.5 病情指数、防治效果计算方法

病情指数 =  $\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对级数值}) / (\text{调查总叶数} \times 9) \times 100$ <sup>[16]</sup>

表1 2018年乌兰察布市凉城县试验期间气象资料

Table 1 Meteorological data of experimental period in Liangcheng County, Wulanchabu City in 2018

| 日期(D/M) | 气温(℃) Air temperature |            |           | 相对湿度(%) | 降水量(mm) | 其他气候因素 |
|---------|-----------------------|------------|-----------|---------|---------|--------|
|         | 平均 Average            | 最高 Highest | 最低 Lowest |         |         |        |
| 30/07   | 22.3                  | 27.6       | 16.0      | 56      | 6.6     | 无      |
| 31/07   | 23.4                  | 28.8       | 18.7      | 67      | 0       | 无      |
| 01/08   | 24.0                  | 30.1       | 16.9      | 52      | 0       | 无      |
| 02/08   | 22.9                  | 29.3       | 14.6      | 50      | 0       | 无      |
| 03/08   | 23.3                  | 30.8       | 15.1      | 47      | 0       | 无      |
| 04/08   | 22.8                  | 30.4       | 14.2      | 48      | 0       | 无      |
| 05/08   | 23.8                  | 31.0       | 15.9      | 54      | 0       | 无      |
| 06/08   | 24.5                  | 32.1       | 18.7      | 54      | 0       | 无      |
| 07/08   | 22.4                  | 28.1       | 15.2      | 44      | 0       | 无      |
| 08/08   | 22.9                  | 28.8       | 16.2      | 55      | 0       | 无      |
| 09/08   | 23.3                  | 28.3       | 16.2      | 55      | 0       | 无      |
| 10/08   | 22.0                  | 28.2       | 16.9      | 68      | 16.5    | 无      |
| 11/08   | 21.4                  | 26.1       | 17.0      | 53      | 1.6     | 无      |
| 12/08   | 19.5                  | 24.5       | 14.8      | 63      | 2.3     | 无      |
| 13/08   | 19.4                  | 26.2       | 13.6      | 58      | 0       | 无      |
| 14/08   | 18.4                  | 27.2       | 9.5       | 50      | 0       | 无      |
| 15/08   | 21.8                  | 28.1       | 15.6      | 51      | 0       | 无      |
| 16/08   | 21.9                  | 29.5       | 12.4      | 47      | 0       | 无      |
| 17/08   | 20.9                  | 25.8       | 18.4      | 64      | 1.1     | 无      |
| 18/08   | 20.4                  | 25.3       | 16.9      | 77      | 14.7    | 无      |
| 19/08   | 21.0                  | 26.0       | 15.7      | 65      | 0       | 无      |
| 20/08   | 21.5                  | 26.7       | 18.6      | 59      | 0       | 无      |

防治效果 =  $[1 - (\text{空白对照施药前病情指数} \times \text{药剂处理区施药后病情指数}) / (\text{空白对照施药后病情指数} \times \text{药剂处理区施药前病情指数})] \times 100^{[14]}$

### 1.3.6 数据处理

病情指数、防治效果及其标准误差使用 Microsoft Excel 2010 计算, 差异显著性使用 DPS (v7.05) 软件的 Duncan's 新复极差法测验。

## 2 结果与分析

### 2.1 乌兰察布市试验

乌兰察布市试验整个过程由于空白对照没有药

剂的作用其病害越来越重, 表现在病情指数越来越大, 而4个药剂处理由于药剂的防治作用其病害严重程度基本没有进一步的发展, 病情指数变化不大, 结果是对应的防效越来越好。在病害发生初期开始施药, 第1次施药时田间病害零星发生, 病情指数在0.10~0.14, 病情指数基数较低。第2次施药前空白对照区已较严重发病, 病情指数为4.70, 而药剂处理区因药效作用的原因病情指数增加不多, 在1.79~3.11, 防效为46.80%~58.00%, 并且与空白对照间差异均极显著。第2次施药后7 d空白对照处理区病害有了进一步发展, 病情指数增加到8.87, 同

表2 2018年临汾市蒲县试验期间气象资料  
Table 2 Meteorological data of experimental period in Pu County, Linfen City in 2018

| 日期(D/M)<br>Date | 气温(℃) Air temperature |            |           | 相对湿度(%)<br>Air relative humidity | 降水量(mm)<br>Precipitation | 其他气候因素<br>Other climate factors |
|-----------------|-----------------------|------------|-----------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
|                 | 平均 Average            | 最高 Highest | 最低 Lowest |                                  |                          |                                 |
| 23/07           | 24.8                  | 32.2       | 18.6      | 71                               | 0                        | 无                               |
| 24/07           | 23.3                  | 31.2       | 18.3      | 74                               | 0.4                      | 无                               |
| 25/07           | 24.2                  | 34.6       | 16.1      | 67                               | 0                        | 无                               |
| 26/07           | 25.4                  | 34.7       | 16.3      | 69                               | 0                        | 无                               |
| 27/07           | 26.2                  | 32.6       | 20.8      | 69                               | 0                        | 无                               |
| 28/07           | 25.2                  | 31.3       | 21.2      | 68                               | 0                        | 无                               |
| 29/07           | 25.7                  | 32.7       | 18.7      | 68                               | 0                        | 无                               |
| 30/07           | 24.1                  | 32.2       | 19.7      | 82                               | 27.2                     | 无                               |
| 31/07           | 23.0                  | 28.7       | 19.8      | 90                               | 1.7                      | 无                               |
| 01/08           | 25.2                  | 31.4       | 20.4      | 75                               | 0.1                      | 无                               |
| 02/08           | 24.8                  | 31.5       | 19.9      | 74                               | 0                        | 无                               |
| 03/08           | 25.1                  | 32.6       | 18.9      | 74                               | 0                        | 无                               |
| 04/08           | 25.0                  | 35.2       | 18.1      | 68                               | 0                        | 无                               |
| 05/08           | 25.8                  | 33.2       | 19.7      | 66                               | 0.1                      | 无                               |
| 06/08           | 25.1                  | 32.7       | 20.5      | 76                               | 1.7                      | 无                               |
| 07/08           | 24.5                  | 33.7       | 20.8      | 83                               | 0.5                      | 无                               |
| 08/08           | 24.7                  | 32.1       | 19.3      | 87                               | 0.1                      | 无                               |
| 09/08           | 22.9                  | 33.5       | 17.5      | 78                               | 0                        | 无                               |
| 10/08           | 22.4                  | 31.1       | 17.7      | 88                               | 13.2                     | 无                               |
| 11/08           | 23.9                  | 32.3       | 19.6      | 76                               | 3.5                      | 无                               |
| 12/08           | 23.0                  | 30.7       | 18.2      | 91                               | 0.2                      | 无                               |
| 13/08           | 22.9                  | 28.3       | 19.5      | 88                               | 4.2                      | 无                               |
| 14/08           | 24.6                  | 32.6       | 20.1      | 79                               | 0.1                      | 无                               |
| 15/08           | 25.2                  | 34.5       | 19.9      | 74                               | 0                        | 无                               |
| 16/08           | 23.3                  | 30.3       | 17.2      | 66                               | 0                        | 无                               |

样4个药剂处理的病情指数增加相对较少,在2.01~4.01,与之相应的4个药剂防效也在增加,防效在63.70%~75.30%,并且与空白对照间差异均极显著。第2次施药后14 d空白对照病害发生更加严重,病情指数为13.16,而4个药剂处理的病情指数在1.74~3.75,防效在77.10%~85.40%,并且与空白对照间差异均极显著。第2次施药后14 d防效达到最大值,这也是该田间试验的最终防效。其防效达80.00%以上的最低施药量是有效剂量112.5 g/hm<sup>2</sup>处理,此剂量即为本试验拟明确的最低有效防控剂量,对应防效为81.80%(表4)。

## 2.2 临汾试验

临汾市试验也在病害发生初期开始施药,第1次施药时的病情指数基数为0.04~0.05,表现为田间植株叶片上零星病斑。第2次施药前病害有所严重,空白对照病情指数为3.30,同样由于药剂的防治作用,4个药剂处理的病情指数增加有限,病情指数1.23~1.72,防效45.60%~57.00%。第2次施药后7 d空白对照由于病害发展其病情指数增加到6.72,4个药剂处理的病情指数仅有少量增加,为1.27~2.87,防效为66.10%~78.20%。第2次施药后14 d空白对照病情指数为9.02,而4个药剂处理的病情指数为1.17~1.96,防效为78.60%~85.10%,其防效达80.00%以

表3 2019年呼伦贝尔市扎兰屯市试验期间气象资料  
Table 3 Meteorological data of experimental period in Zhalantun City, Hulunbeir City in 2019

| 日期(D/M)<br>Date | 气温(℃) Air temperature |            |           | 相对湿度(%)<br>Air relative humidity | 降水量(mm)<br>Precipitation | 其他气候因素<br>Other climate factors |
|-----------------|-----------------------|------------|-----------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
|                 | 平均 Average            | 最高 Highest | 最低 Lowest |                                  |                          |                                 |
| 26/07           | 20.5                  | 26.9       | 15.0      | 77.3                             | 0                        | 无                               |
| 27/07           | 21.8                  | 26.8       | 17.1      | 80.0                             | 0                        | 无                               |
| 28/07           | 23.1                  | 32.1       | 15.7      | 83.5                             | 12.4                     | 无                               |
| 29/07           | 22.5                  | 29.8       | 14.8      | 82.0                             | 0.1                      | 无                               |
| 30/07           | 21.9                  | 28.4       | 18.3      | 84.3                             | 4.1                      | 无                               |
| 31/07           | 21.4                  | 28.2       | 16.3      | 77.0                             | 0.8                      | 无                               |
| 01/08           | 23.3                  | 29.9       | 16.7      | 69.5                             | 0                        | 无                               |
| 02/08           | 23.4                  | 30.5       | 16.1      | 71.8                             | 0                        | 无                               |
| 03/08           | 24.4                  | 31.4       | 19.2      | 81.0                             | 0                        | 无                               |
| 04/08           | 25.8                  | 33.6       | 18.6      | 77.8                             | 0                        | 无                               |
| 05/08           | 23.9                  | 27.1       | 20.5      | 81.5                             | 0                        | 无                               |
| 06/08           | 15.6                  | 21.2       | 14.4      | 94.5                             | 56.0                     | 无                               |
| 07/08           | 16.4                  | 17.0       | 15.9      | 93.8                             | 70.4                     | 无                               |
| 08/08           | 16.6                  | 17.6       | 15.2      | 93.3                             | 6.2                      | 无                               |
| 09/08           | 16.5                  | 20.3       | 14.2      | 88.5                             | 0.6                      | 无                               |
| 10/08           | 16.6                  | 19.7       | 14.8      | 91.8                             | 0.3                      | 无                               |
| 11/08           | 18.1                  | 21.2       | 15.9      | 88.8                             | 4.8                      | 无                               |
| 12/08           | 20.6                  | 27.2       | 15.4      | 76.0                             | 0                        | 无                               |
| 13/08           | 21.1                  | 28.4       | 13.8      | 78.0                             | 0                        | 无                               |
| 14/08           | 22.1                  | 29.2       | 16.3      | 68.5                             | 0                        | 无                               |
| 15/08           | 21.9                  | 30.1       | 14.8      | 71.8                             | 0                        | 无                               |
| 16/08           | 20.8                  | 25.3       | 16.9      | 79.0                             | 0.1                      | 无                               |
| 17/08           | 19.0                  | 22.0       | 16.7      | 77.0                             | 0.8                      | 无                               |
| 18/08           | 19.3                  | 26.4       | 12.9      | 68.3                             | 0                        | 无                               |

上的最低施药量也是有效剂量 112.5 g/hm<sup>2</sup>, 防效为 82.30%(表5)。

### 2.3 呼伦贝尔试验

呼伦贝尔市试验同样在病害发生初期开始施药, 病情指数基数为 0.11~0.15。第2次施药前病害加重, 空白对照病情指数为 5.27, 4个药剂处理的病情指数为 1.76~2.83, 防效为 52.30%~65.00%。第2次施药后 7 d 空白对照病情指数达 8.41, 4个药剂处理的病情指数为 1.77~3.06, 防效为 63.70%~78.10%。第2次施

药后 14 d 空白对照病情指数为 11.49, 而4个药剂处理的病情指数为 1.60~2.59, 对应防效为 77.50%~85.40%, 所显示的最低有效防控剂量同样也是有效剂量 112.5 g/hm<sup>2</sup>, 防效为 82.00%(表6)。

### 2.4 气象因素

3个试验点试验期间的天气状况均为当地正常情况, 无影响试验正常进行的极端天气, 也没有在施药后 8 h 之内影响药剂效果的降雨(表1、2和3)。虽然乌兰察布市在施药日 7 月 30 日有 6.6 mm 降雨, 但

表4 乌兰察布 250 g/L 啉菌酯悬浮剂防治马铃薯早疫病病情指数和防效  
Table 4 Disease index and control efficacy on potato early blight by 250 g/L Azoxystrobin SC in Wulanchabu

| 施药剂量<br>(有效剂量 g/hm <sup>2</sup> )<br>Dosage<br>(a.i.g/ha) | 1 次药前<br>病情指数<br>Disease index<br>before first<br>spray | 2 次药前<br>病情指数<br>Disease index<br>before second<br>spray | 2 次药前防效(%)<br>Control efficacy be-<br>fore second<br>spray | 2 次药后 7 d<br>病情指数<br>Disease index<br>7 d after second<br>spray | 2 次药后 7 d<br>防效(%)<br>Control efficacy 7 d<br>after second spray | 2 次药后 14 d<br>病情指数<br>Disease index 14 d<br>after second spray | 2 次药后 14 d<br>防效(%)<br>Control efficacy 14 d<br>after second spray |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 75.0                                                      | 0.14 ± 0.05                                             | 3.11 ± 1.19                                              | 46.80 ± 0.59 D                                             | 4.01 ± 1.51                                                     | 63.70 ± 0.61 D                                                   | 3.75 ± 1.44                                                    | 77.10 ± 0.66 C                                                     |
| 112.5                                                     | 0.11 ± 0.03                                             | 2.37 ± 0.80                                              | 51.40 ± 0.84 C                                             | 3.02 ± 1.00                                                     | 67.20 ± 1.00 C                                                   | 2.49 ± 0.83                                                    | 81.80 ± 0.29 B                                                     |
| 150.0                                                     | 0.11 ± 0.02                                             | 2.14 ± 0.06                                              | 54.90 ± 1.07 B                                             | 2.49 ± 0.06                                                     | 72.20 ± 0.48 B                                                   | 2.24 ± 0.11                                                    | 83.10 ± 0.55 B                                                     |
| 225.0                                                     | 0.10 ± 0.04                                             | 1.79 ± 0.78                                              | 58.00 ± 0.58 A                                             | 2.01 ± 1.00                                                     | 75.30 ± 1.09 A                                                   | 1.74 ± 0.78                                                    | 85.40 ± 0.33 A                                                     |
| 空白对照 CK                                                   | 0.11 ± 0.02                                             | 4.70 ± 0.14                                              |                                                            | 8.87 ± 0.08                                                     |                                                                  | 13.16 ± 0.20                                                   |                                                                    |

注：表中数据为平均值 ± 标准误差。同列数据后不同大写字母表示新复极差法在 0.01 水平差异显著 ( $P < 0.01$ )。下同。

Note: Data in table was mean ± SE (standard error of the mean). Different capital letters in the same column were used to indicate significance at 0.01 level of probability as tested by Duncan's multiple range test. The same below.

表5 临汾 250 g/L 啉菌酯悬浮剂防治马铃薯早疫病病情指数和防效  
Table 5 Disease index and control efficacy on potato early blight by 250 g/L Azoxystrobin SC in Linfen

| 施药剂量<br>(有效剂量 g/hm <sup>2</sup> )<br>Dosage<br>(a.i.g/ha) | 1 次药前<br>病情指数<br>Disease index be-<br>fore first spray | 2 次药前<br>病情指数<br>Disease index be-<br>fore second spray | 2 次药前防效(%)<br>Control efficacy be-<br>fore second<br>spray | 2 次药后 7 d<br>病情指数<br>Disease index 7 d<br>after second<br>spray | 2 次药后 7 d<br>防效(%)<br>Control efficacy 7 d<br>after second spray | 2 次药后 14 d<br>病情指数<br>Disease index<br>14 d after sec-<br>ond spray | 2 次药后 14 d<br>防效(%)<br>Control efficacy<br>14 d after second<br>spray |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 75.0                                                      | 0.04 ± 0.02                                            | 1.71 ± 1.18                                             | 45.60 ± 1.05 D                                             | 2.87 ± 1.58                                                     | 66.10 ± 0.81 D                                                   | 1.96 ± 1.44                                                         | 78.60 ± 0.54 D                                                        |
| 112.5                                                     | 0.04 ± 0.02                                            | 1.43 ± 0.44                                             | 50.70 ± 0.85 C                                             | 1.68 ± 0.48                                                     | 71.30 ± 0.46 C                                                   | 1.41 ± 0.42                                                         | 82.30 ± 0.15 C                                                        |
| 150.0                                                     | 0.05 ± 0.02                                            | 1.72 ± 0.96                                             | 53.90 ± 0.58 B                                             | 1.87 ± 1.07                                                     | 75.40 ± 0.41 B                                                   | 1.62 ± 0.90                                                         | 84.10 ± 0.67 B                                                        |
| 225.0                                                     | 0.04 ± 0.02                                            | 1.23 ± 0.35                                             | 57.00 ± 0.73 A                                             | 1.27 ± 0.38                                                     | 78.20 ± 0.44 A                                                   | 1.17 ± 0.35                                                         | 85.10 ± 0.19 A                                                        |
| 空白对照 CK                                                   | 0.05 ± 0.02                                            | 3.30 ± 0.07                                             |                                                            | 6.72 ± 0.28                                                     |                                                                  | 9.02 ± 0.16                                                         |                                                                       |

在试验地块没有发生降雨。3 个试验中空白对照有足够严重的病害发生，同样防治效果也显著(表 4、5 和 6)，这也说明 3 个试验没有受到当地天气条件的影响。3 个试验区域的气温、空气相对湿度、降雨次数和降雨量(表 1、2 和 3)与对应的 3 个试验的马铃薯早疫病发生程度(表 4、5 和 6)没有规律性的对应关系。

2.5 品种因素

试验中品种‘费乌瑞它’病害发生均较严重，

在乌兰察布市和呼伦贝尔市最后一次的调查结果中其空白对照病情指数分别为 13.16 和 11.49(表 4 和 6)，而品种‘克新 1 号’病害发生较轻，最后一次调查其空白对照病情指数为 9.02(表 5)。这一结果也一同证明了 2 个品种的感病性有差异，‘费乌瑞它’感病性高，而‘克新 1 号’感病性低。同样表明了品种感病性不同影响了病害的发生程度，但没有影响防治效果。

表6 呼伦贝尔250 g/L啮菌酯悬浮剂防治马铃薯早疫病病情指数和防效

Table 6 Disease index and control efficacy on potato early blight by 250 g/L Azoxystrobin SC in Hulunbeir

| 施药剂量<br>(有效剂量 g/hm <sup>2</sup> ) | 1次药前<br>病情指数                           | 2次药前<br>病情指数                            | 2次药前防效(%)                                    | 2次药后7 d<br>病情指数                         | 2次药后7 d<br>防效(%)                           | 2次药后14 d<br>病情指数                         | 2次药后14 d<br>防效(%)                           |
|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Dosage<br>(a.i.g/ha)              | Disease index<br>before first<br>spray | Disease index<br>before second<br>spray | Control efficacy be-<br>fore second<br>spray | Disease index 7 d<br>after second spray | Control efficacy 7 d<br>after second spray | Disease index 14 d<br>after second spray | Control efficacy 14 d<br>after second spray |
| 75.0                              | 0.13 ± 0.03                            | 2.52 ± 0.04                             | 52.30 ± 1.12 B                               | 3.06 ± 0.14                             | 63.70 ± 1.25 B                             | 2.59 ± 0.12                              | 77.50 ± 0.42 B                              |
| 112.5                             | 0.15 ± 0.04                            | 2.83 ± 0.54                             | 55.20 ± 0.65 AB                              | 3.04 ± 0.63                             | 69.80 ± 0.50 B                             | 2.46 ± 0.34                              | 82.00 ± 1.05 B                              |
| 150.0                             | 0.13 ± 0.03                            | 2.14 ± 0.12                             | 59.50 ± 0.51 AB                              | 2.24 ± 0.09                             | 73.40 ± 1.03 AB                            | 1.90 ± 0.17                              | 83.50 ± 0.49 AB                             |
| 225.0                             | 0.11 ± 0.02                            | 1.76 ± 0.67                             | 65.00 ± 0.41 A                               | 1.77 ± 0.74                             | 78.10 ± 0.21 A                             | 1.60 ± 0.59                              | 85.40 ± 0.31 A                              |
| 空白对照CK                            | 0.13 ± 0.03                            | 5.27 ± 0.20                             |                                              | 8.41 ± 0.13                             |                                            | 11.49 ± 0.49                             |                                             |

### 3 讨 论

尽管在3个试验中马铃薯早疫病发生的程度略有不同,但都达到了明显严重的程度,满足了试验要求,施药后14 d调查空白对照的病情指数分别为13.16、9.02和11.49。同时4个处理的防效显著并且稳定一致,分别为77.10%~85.40%、78.60%~85.10%和77.50%~85.40%。

北方一季作区较干旱、较湿润地区,以及中原二季作区3个试验结果一致表明,采用250 g/L啮菌酯悬浮剂有效剂量112.5 g/hm<sup>2</sup>,在病害发生初期施第1次药、间隔7~10 d施第2次药,可有效防治马铃薯早疫病。有效剂量112.5 g/hm<sup>2</sup>就是250 g/L啮菌酯悬浮剂对马铃薯早疫病的最低有效防控剂量,较该药剂农药登记推荐剂量(有效剂量150.0~187.5 g/hm<sup>2</sup>)减少施药量25.00%~40.00%,只是低剂量的0.75倍。试验结果表明在250 g/L啮菌酯悬浮剂减少25.00%~40.00%的条件下仍然可以有效防治马铃薯早疫病,结果可指导马铃薯早疫病防治农药减施和精准施药。

截至目前使用啮菌酯防治马铃薯早疫病的研究文献不少,杨富等<sup>[9]</sup>使用啮菌酯有效剂量168.75 g/hm<sup>2</sup>、2次施药,效果好于52.5%抑快净水分散粒剂2 000倍、60%氟吗啉·代森锰锌可湿性粉剂600倍、72%克露可湿性粉剂600倍、53%金雷多米尔-锰锌

水分散颗粒剂800倍、80%代森锰锌可湿性粉剂500倍、75%百菌清可湿性粉剂500倍、50%多菌灵可湿性粉剂600倍,防效达87.70%。张建平<sup>[17]</sup>使用啮菌酯有效剂量156.25 g/hm<sup>2</sup>、3次施药,效果好于70%安泰生可湿性粉剂400倍、80%代森锰锌可湿性粉剂500倍,两年防效分别为82.00%和82.40%。张永福和杨富<sup>[10]</sup>使用啮菌酯有效剂量168.75 g/hm<sup>2</sup>、2次施药,结果25%啮菌酯与60%氟吗啉·代森锰锌600倍、52.5%抑快净2 000倍对防治马铃薯早疫病具有良好的保护和治疗效果,防治效果均在80.00%以上。赵雨佳等<sup>[18]</sup>试验表明啮菌酯有效剂量168.75 g/hm<sup>2</sup>、2次施药、防效82.00%,与500 g/L氟啶胺悬浮剂1 200倍具有同样的效果。张永福等<sup>[11]</sup>采用啮菌酯有效剂量187.5 g/hm<sup>2</sup>、3次施药,与空白对照比达显著的防治效果,防效75.80%。哈斯等<sup>[19]</sup>试验中采用啮菌酯有效剂量187.5 g/hm<sup>2</sup>、3次施药,防效达84.90%。龚启青等<sup>[20]</sup>在7种杀菌剂的试验中,啮菌酯有效剂量168.75 g/hm<sup>2</sup>、3次施药与两个空白比较的防效分别为68.90%和69.80%,差异均达显著水平。

上述所有研究结果都表明啮菌酯具有良好的防治作用。但相比本研究他们的施药量较大、施药次数较多或相同,为有效剂量156.4~187.5 g/hm<sup>2</sup>、施药次数2~3次,而本研究的施药量为有效剂量112.5 g/hm<sup>2</sup>、2次施药,因此本研究在较少施药量、

较少施药次数的条件下依然取得了良好防治效果。

比较3个试验结果来看,无论是年度间还是地区间一致性都非常好,由此判断试验结果可靠。依据该研究使用啉菌酯有效剂量 $112.5\text{ g/hm}^2$ 、间隔7~10 d 2次施药即可有效防治马铃薯早疫病。尽管代表3个不同种植区域、不同环境气候条件的试验获得了一致的结果,但每个区域试验只进行了一年,为了进一步明确还需继续一年的试验。

### 【参 考 文 献】

- [1] 郑建秋. 现代蔬菜病虫鉴别与防治手册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 494.
- [2] Hooker W J. Compendium of potato diseases [M]. USA: American Phytopathological Society, 1981: 22-23.
- [3] Mulder A, Turkensteen L J. Potato diseases [M]. Holland: Aardappelwereld B. V. and NIVAP, 2005: 19-20.
- [4] 张建平, 程玉臣, 巩秀峰, 等. 华北一季作区马铃薯病害种类、分布与为害 [J]. 中国马铃薯, 2012, 26(1): 30-35.
- [5] 郑慧慧, 王泰云, 赵娟, 等. 马铃薯早疫病研究进展及其综合防治 [J]. 中国植保导刊, 2013, 33(1): 18-21.
- [6] 张建平. 马铃薯早疫病菌分生孢子传播和病害发生的规律及与降雨的关系 [J]. 马铃薯杂志, 1991, 5(4): 209-213.
- [7] 张建平, 程玉程, 哈斯. 有机肥防治马铃薯早疫病试验 [J]. 中国马铃薯, 2012, 26(5): 291-294.
- [8] 罗福利, 穆伟. 不同药剂对马铃薯早疫病的防效研究 [J]. 现代农业科技, 2012(12): 110-111.
- [9] 杨富, 郑敏娜, 韩志顺. 马铃薯早疫病的杀菌剂田间药效试验 [J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4): 234-236.
- [10] 张永福, 杨富. 马铃薯早疫病无公害杀菌剂药效筛选试验 [J]. 安徽农学通报, 2011, 17(1): 116, 189.
- [11] 张永福, 刘泽民, 杜珍, 等. 马铃薯早疫病药剂筛选试验 [J]. 现代农业科技, 2015(7): 114, 119.
- [12] 杨光亮. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂市场分析 [J]. 化学工业, 2013, 31(12): 45-47.
- [13] 华乃震. Strobilurins类杀菌剂品种、市场、剂型和应用(I) [J]. 现代农药, 2013, 12(3): 6-11, 21.
- [14] 国家质量技术监督局. 农药田间药效试验准则: GB/T17980. 31—2000 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [15] 张建平, 张福金, 王振, 等. 氟啶唑吡乙酮对马铃薯晚疫病最低有效防控剂量的研究 [J]. 农药学报, 2020, 22(3): 556-560.
- [16] 何康, 刘瑞农, 卢良恕, 等. 中国农业百科全书 植物病理学卷 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 23-24.
- [17] 张建平, 程玉程, 哈斯, 等. 不同杀菌剂对马铃薯早疫病的田间防效试验 [J]. 中国马铃薯, 2011, 25(6): 369-370.
- [18] 赵雨佳, 李义江, 黄振霖, 等. 几种药剂对马铃薯早疫病的防治效果 [J]. 中国马铃薯, 2013, 27(3): 166-167.
- [19] 哈斯, 张晓霞, 刘佳, 等. 新型杀菌剂对马铃薯早疫病的田间防效 [J]. 北方农业学报, 2016, 44(1): 72-75.
- [20] 龚启青, 朱江, 牛力立, 等. 七种杀菌剂对马铃薯早疫病的影响 [J]. 耕作与栽培, 2018(4): 25-27.