

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2022.06.014

# 防治水稻病虫害的生物农药登记情况和特点分析

朱友理<sup>1</sup>, 王银<sup>2</sup>

1. 江苏省镇江市植保植检站, 江苏 镇江 212009;
2. 江苏省镇江市农产品质量检验测试中心, 江苏 镇江 212009

**摘要:** 本研究通过查询中国农药信息网发现, 截至 2022 年 6 月登记防治水稻病虫害的生物农药单剂有 671 条, 混剂有 515 条, 仅占水稻病虫害防治登记农药总量的 17.7%; 单剂中 86.7% 的产品为低微毒产品, 仅有乙蒜素、阿维菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的部分产品为中等毒性。在此基础上, 本研究进一步分析了所有登记生物农药的有效成分、推荐剂量、安全间隔期、最大残留限量的特点等, 总结了水稻生物农药使用技术, 以期为水稻病虫绿色防控提供一定参考。

**关键词:** 水稻; 病虫害; 生物农药; 登记

中图分类号: S482

文献标志码: A

文章编号: 2097-1354(2022)06-0117-08

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Analysis on Registration and Characteristics of Biological Pesticides for Controlling Rice Diseases and Pests

ZHU Youli<sup>1</sup>, WANG Yin<sup>2</sup>

1. Plant Protection and Quarantine Station of Zhenjiang, Zhenjiang Jiangsu 212009, China;

2. Zhenjiang Agricultural Products Quality Inspection and Testing Center, Zhenjiang Jiangsu 212009, China

**Abstract:** In this paper, the information of biological pesticides for controlling rice diseases and pests registered to China Pesticide Information Network were inquired. In these biological pesticides, 671 single-agent products and 515 mixtures were registered. Only 17.7 % of the total registered pesticides for controlling rice diseases and pests were biological pesticides. The 86.7 % of the single-agent products were slight toxicity or low toxicity products. Only some products of ethylcin, abamectin and emamectin benzoate were moderately toxic products. The effective components, recommended dosage, safety interval and maximum residue limit of all registered biological pesticides were further analyzed, and the application technology of rice biological pesticides was summarized, so as to provide some reference for the green prevention and control of

收稿日期: 2022-08-12

基金项目: 江苏省现代农业(稻麦)产业技术体系项目(JATS[2021]281); 江苏省镇江市重大农技推广项目(ZJNJ[2021]03).

作者简介: 朱友理, 高级农艺师, 主要从事农作物病虫害预测预报及防治技术研究。

rice diseases and pests.

**Key words:** rice; diseases and pests; biological pesticides; registration

水稻是我国的主要粮食作物之一,近年来的播种面积占粮食作物的25%,产量占30%以上<sup>[1]</sup>. 病虫害严重影响水稻产量和品质,2010—2020年,我国水稻5大产区因主要病虫害造成的年均产量损失达349万t<sup>[2-3]</sup>. 喷施农药是控制病虫害为害的主要手段,但化学农药大量不合理使用带来的病虫害抗药性、农药残留、环境污染等问题日趋严峻<sup>[4]</sup>. 生物农药包括微生物农药、生物化学农药、植物源农药、农用抗生素、转基因生物和天敌生物<sup>[4]</sup>. 这类农药具有低毒低残留、环境兼容性好、防治对象不易产生抗药性等特点,在减少化学农药使用、保障农产品质量和生态环境安全中发挥积极作用<sup>[5]</sup>. 使用生物农药是水稻病虫害生物防治最重要的手段之一. 据统计,2020年我国水稻5大产区主要害虫生物防治面积占比26.8%,如井冈霉素、春雷霉素、阿维菌素、苏云金杆菌等已在水稻病虫害防治中广泛应用<sup>[3]</sup>. 本研究梳理了登记防治水稻病虫害的生物农药的有效成分、毒性、推荐剂量、安全间隔期、最大残留限量等,总结了生物农药使用技术,以为水稻病虫害绿色防控提供一定参考.

## 1 材料与方法

### 1.1 数据采集

在中国农药信息网(<http://www.chinapesticide.org.cn/hysj/index.jhtml>)对登记防治水稻病虫害的生物农药情况进行查询,截止时间为2022年6月30日,并对有效成分、毒性、推荐剂量等进行统计. 对登记防治水稻“三病三虫”,即纹枯病、稻瘟病、稻曲病和稻纵卷叶螟、二化螟、稻飞虱的所有单剂推荐用量进行汇总.

### 1.2 数据处理与统计学分析

对登记防治水稻病虫害的生物农药的统计数据采用Excel进行分析;采用SPSS 22.0软件绘制箱线图,包括所有单剂推荐低量最低值和中位值、推荐高量最高值和中位值.

## 2 结果与分析

### 2.1 防治水稻病虫害的生物农药登记情况

查询结果显示,登记防治害虫的生物农药单剂产品有365条,混剂325条,涉及有效成分(组合)13个和11个,总产品数占水稻杀虫剂的16.67%;防治水稻病害的生物农药单剂有306条,混剂190条,涉及有效成分(组合)29个和27个,总产品数占水稻杀菌剂的19.42%(表1). 毒性分析显示,杀虫剂单剂低微毒产品占比76.44%,混剂低微毒产品占比59.38%;杀菌剂单剂低微毒产品占比99.02%,混剂低微毒产品占比76.32%;中等毒产品有效成分及数量见表1.

表1 防治水稻病虫害的生物农药登记数量及中等毒产品

| 种类  | 单剂  |                  | 混剂  |  |
|-----|-----|------------------|-----|--|
|     | 产品数 | 中等毒成分/条          | 产品数 | 中等毒成分组合/条  |
| 杀虫剂 | 365 | 阿维菌素/80<br>甲维盐/6 | 325 | 阿维菌素混剂/85、甲维盐混剂/38、苏云·杀虫单/9、多杀·阿维/1、多杀·甲维/1          |
| 杀菌剂 | 306 | 乙蒜素/3            | 190 | 唑酮·乙蒜素/3、杀螟·乙蒜素/1、春雷·三环唑/2、井冈霉素(杀虫单、杀虫双、三环唑、多菌灵等)/39 |

注:单剂包含原药,混剂包含生物农药混配、生物农药与化学农药混配产品.

### 2.1.1 有效成分种类较多,但产品以农用抗生素类为主

通过对已登记的防治水稻“三病三虫”的生物农药单剂有效成分及产品数进行调查,结果发现,防治稻纵卷叶螟的生物农药单剂产品 333 条,混剂产品 186 条,涉及有效成分 9 种,分别是苏云金杆菌、球孢白僵菌、金龟子绿僵菌 CQMa421、短稳杆菌、甘蓝夜蛾核型多角体病毒、苦皮藤素、阿维菌素、甲维盐、多杀霉素,其中苏云金杆菌、阿维菌素和甲维盐等 3 种产品占单剂的 94.9%,混剂的 96.2%。防治二化螟的单剂产品 31 条,混剂产品 141 条,涉及有效成分 8 种,分别是苏云金杆菌、球孢白僵菌、金龟子绿僵菌、金龟子绿僵菌 CQMa421、印楝素、阿维菌素、甲维盐、多杀霉素,其中阿维菌素和甲维盐产品占混剂的 94.3%。防治稻飞虱的仅有球孢白僵菌、金龟子绿僵菌 CQMa421、耳霉菌和苦参碱等 4 种有效成分、5 条单剂产品。防治纹枯病的生物农药单剂产品有 173 条,混剂有 125 条,涉及枯草芽孢杆菌、蜡质芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、蛇床子素、低聚糖素、井冈霉素(A)、嘧啶核苷类抗菌素、多抗霉素、申嗪霉素共 9 种有效成分,其中井冈霉素(A)产品占单剂的 79.8%、混剂的 96.8%。防治稻瘟病的有单剂产品 98 条,混剂 37 条,涉及枯草芽孢杆菌、蜡质芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌 B7900、荧光假单胞杆菌、沼泽红假单胞菌 PSB-S、乙蒜素、苯丙烯菌酮、低聚糖素、氨基寡糖素、几丁聚糖、辛菌胺醋酸盐、春雷霉素、多抗霉素、申嗪霉素、四霉素 15 种有效成分,其中春雷霉素产品占单剂的 56.1%,混剂的 72.2%。防治稻曲病的有单剂产品 14 条,混剂 37 条,涉及枯草芽孢杆菌、蜡质芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、嗜硫小红卵菌 HNI-1、蛇床子素、琥胶肥酸铜、井冈霉素(A)、嘧啶核苷类抗菌素、申嗪霉素共 9 种有效成分(表 2)。

表 2 防治水稻“三病三虫”的生物农药单剂有效成分及产品数量

条

| 防治对象  | 微生物源   | 植物源            | 生物化学类                          | 抗生素类                                   |
|-------|--|----------------|--------------------------------|--|
| 稻纵卷叶螟 | 苏云金杆菌/84、球孢白僵菌/4、金龟子绿僵菌 CQMa421/2、短稳杆菌/1、甘蓝夜蛾核型多角体病毒/1         | 苦皮藤素/2         |                                | 阿维菌素/138、甲维盐/94、多杀霉素/7                 |
| 二化螟   | 苏云金杆菌/3、球孢白僵菌/1、金龟子绿僵菌 CQMa421 /2、金龟子绿僵菌/1                     | 印楝素/1          |                                | 阿维菌素/10、甲维盐/12、多杀霉素/1                  |
| 稻飞虱   | 球孢白僵菌/1、金龟子绿僵菌 CQMa421 /2、耳霉菌/1                                | 苦参碱/1          |                                |  |
| 纹枯病   | 枯草芽孢杆菌/7、蜡质芽孢杆菌/1、解淀粉芽孢杆菌/1                                    | 蛇床子素/1         | 低聚糖素/9                         | 井冈霉素(A) /138、嘧啶核苷类抗菌素/10、多抗霉素/3、申嗪霉素/3 |
| 稻瘟病   | 枯草芽孢杆菌/22、蜡质芽孢杆菌/1、解淀粉芽孢杆菌 B7900 /1、荧光假单胞杆菌/1、沼泽红假单胞菌 PSB-S /1 | 乙蒜素/2、苯丙烯菌酮/2  | 低聚糖素/1、氨基寡糖素/5、几丁聚糖/2、辛菌胺醋酸盐/1 | 春雷霉素/55、多抗霉素/2、申嗪霉素/1、四霉素/1            |
| 稻曲病   | 枯草芽孢杆菌/2、蜡质芽孢杆菌/1、解淀粉芽孢杆菌/1、嗜硫小红卵菌 HNI-1/1                     | 蛇床子素/2、琥胶肥酸铜/1 |                                | 井冈霉素(A) /4、嘧啶核苷类抗菌素/1、申嗪霉素/1           |

登记的生物农药还可用于防治水稻白叶枯病(“三病三虫”以外)等 12 种病虫害。防治水稻白叶枯病的有枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌 LX-11、中生菌素等;防治细菌性条斑病的有解淀粉芽孢杆菌 LX-11、甲基营养型芽孢杆菌 LW-6、嗜硫小红卵菌 HNI-1、辛菌胺醋酸盐、四霉素;防治黑条矮缩病的有甾烯醇、几丁聚糖、辛菌胺醋酸盐、宁南霉素等;防治条纹叶枯病的有

苦参碱、香菇多糖、宁南霉素；防治立枯病的有寡雄腐霉菌、蛇床子素、多抗霉素、四霉素等。防治稻苞虫、大螟、蓟马、叶蝉、炭疽病、白粉病、烂秧病病虫害的仅有1种有效成分(表3)。

表3 防治水稻其他病虫害的生物农药单剂登记情况

| 防治对象   | 有效成分/产品数          | 有效成分含量                                     | 推荐剂量或浓度                                |
|--------|-------------------|--|--|
| 稻苞虫    | 苏云金杆菌/14          | 8 000 IU/ $\mu$ L, 16 000 IU/mg, 100 亿芽孢/g | 200~400 g /667 m <sup>2</sup>          |
| 大螟     | 苦参碱/1             | 0.3%                                       | 75~100 mL/667 m <sup>2</sup>           |
| 蓟马     | 球孢白僵菌/1           | 50 亿孢子/g                                   | 45~55 mL/667 m <sup>2</sup>            |
| 叶蝉     | 金龟子绿僵菌 CQMa421 /1 | 80 亿孢子/mL                                  | 60~90 mL/667 m <sup>2</sup>            |
| 白叶枯病   | 枯草芽孢杆菌/1          | 100 亿芽孢/g                                  | 50~60 g /667 m <sup>2</sup>            |
|        | 解淀粉芽孢杆菌 LX-11/1   | 60 亿芽孢/mL                                  | 500~650 mL/667 m <sup>2</sup>          |
|        | 中生菌素/1            | 3%   | 12~16 mL a.i /667 m <sup>2</sup>       |
| 细菌性条斑病 | 解淀粉芽孢杆菌 LX-11/1   | 60 亿芽孢/mL                                  | 500~650 mL/667 m <sup>2</sup>          |
|        | 甲基营养型芽孢杆菌 LW-6/1  | 80 亿芽孢/g                                   | 80~120 g/667 m <sup>2</sup>            |
|        | 嗜硫小红卵菌 HNI-1/1    | 2 亿 CFU/mL                                 | 200~400 mL/667 m <sup>2</sup>          |
|        | 辛菌胺醋酸盐/4          | 3%, 1.2%                                   | 2.34~12.5 g a.i /667 m <sup>2</sup>    |
| 黑条矮缩病  | 四霉素/1             | 0.3%                                       | 0.15~0.2 mL a.i /667 m <sup>2</sup>    |
|        | 甾烯醇/1             | 0.06%                                      | 0.018~0.024 mL a.i /667 m <sup>2</sup> |
|        | 几丁聚糖/1            | 0.5%                                       | 0.84~2.5 mL a.i /667 m <sup>2</sup>    |
|        | 辛菌胺醋酸盐/1          | 1.8%                                       | 1.44~1.8 mL a.i /667 m <sup>2</sup>    |
| 条纹叶枯病  | 宁南霉素/1            | 8%   | 3.6~4.8 mL a.i /667 m <sup>2</sup>     |
|        | 苦参碱/2             | 0.36%                                      | 0.16~0.22 g a.i /667 m <sup>2</sup>    |
|        | 香菇多糖/12           | 0.5%, 1%, 2%                               | 0.25~1.6 mL a.i /667 m <sup>2</sup>    |
| 立枯病    | 宁南霉素/2            | 2%, 4%                                     | 4~6.68 mL a.i /667 m <sup>2</sup>      |
|        | 寡雄腐霉菌/1           | 100 万孢子/g                                  | 2 500~3 000 倍液                         |
|        | 蛇床子素/1            | 1%   | 0.23~0.3mL/m <sup>2</sup> 苗床           |
|        | 多抗霉素/1            | 0.3%                                       | 5~10 mL/m <sup>2</sup> 苗床              |
| 炭疽病    | 四霉素/2             | 0.3%                                       | 500~750 倍液                             |
| 炭疽病    | 嘧啶核苷类抗菌素/8        | 2%, 4%                                     | 10~12 mL a.i /667m <sup>2</sup>        |
| 白粉病    | 多抗霉素/1            | 1.5%, 3%                                   | 75~150 倍液、150~300 倍液                   |
| 烂秧病    | 乙蒜素/5             | 80%  | 6 000~8 000 倍液浸种                       |

总体来看, 登记防治水稻病虫害的生物农药有效成分 47 种, 单剂有 671 条, 混剂 515 条, 分别占水稻病虫害登记用药的 29.2% 和 17.7%; 其中, 农用抗生素类有效成分占生物农药的 20.0%, 产品数却占 80.4%, 甚至 95.6% 的混剂都含有抗生素类农药; 除苏云金杆菌外的其他微生物源、植物源和生物化学类农药登记产品数量较少且大规模商业化应用的不多. 目前也仅有中国将农用抗生素类农药归为生物农药<sup>[4]</sup>, 但其登记管理要求却与化学农药相同.

### 2.1.2 有效成分推荐用量低于化学农药

登记防治水稻“三病三虫”的生物农药推荐剂量范围, 结果发现, 防治稻纵卷叶螟常用的苏云金杆菌[有效成分含量为  $100 \times 8 000$  IU/mg( $\mu$ L)]、阿维菌素和甲维盐推荐低量—高量中位值(下同)分别为 2~3 g/667m<sup>2</sup>, 0.45~0.69 g/667 m<sup>2</sup>, 0.6~1 g/667 m<sup>2</sup>; 防治纹枯病的井冈霉素(A)、

枯草芽孢杆菌 [有效成分单位为 1 000 亿孢子(芽孢)/g(mL)]的推荐用量为 5~7.5 g/667 m<sup>2</sup>, 8.25~11 g/667 m<sup>2</sup>; 防治稻瘟病的春雷霉素、枯草芽孢杆菌的推荐用量为 2~2.4 g/667 m<sup>2</sup>, 18~30 g/667 m<sup>2</sup>. 而常用化学农药中, 防治稻纵卷叶螟的氯虫苯甲酰胺、茚虫威有效成分推荐用量为 1~2.1 g/667 m<sup>2</sup>, 1.8~3 g/667 m<sup>2</sup>; 防治纹枯病的噻呋酰胺用量为 4.8~6 g/667 m<sup>2</sup>; 防治稻瘟病的三环唑、稻瘟灵用量为 15~21 g/667 m<sup>2</sup>, 26.6~40 g/667 m<sup>2</sup>(图 1). 常用生物农药的有效成分推荐用量一般低于化学农药, 有助于农药减量. 防治水稻其他病害的生物农药推荐剂量见表 3. 农户在使用生物农药时应严格按照标签或说明书的推荐剂量使用.

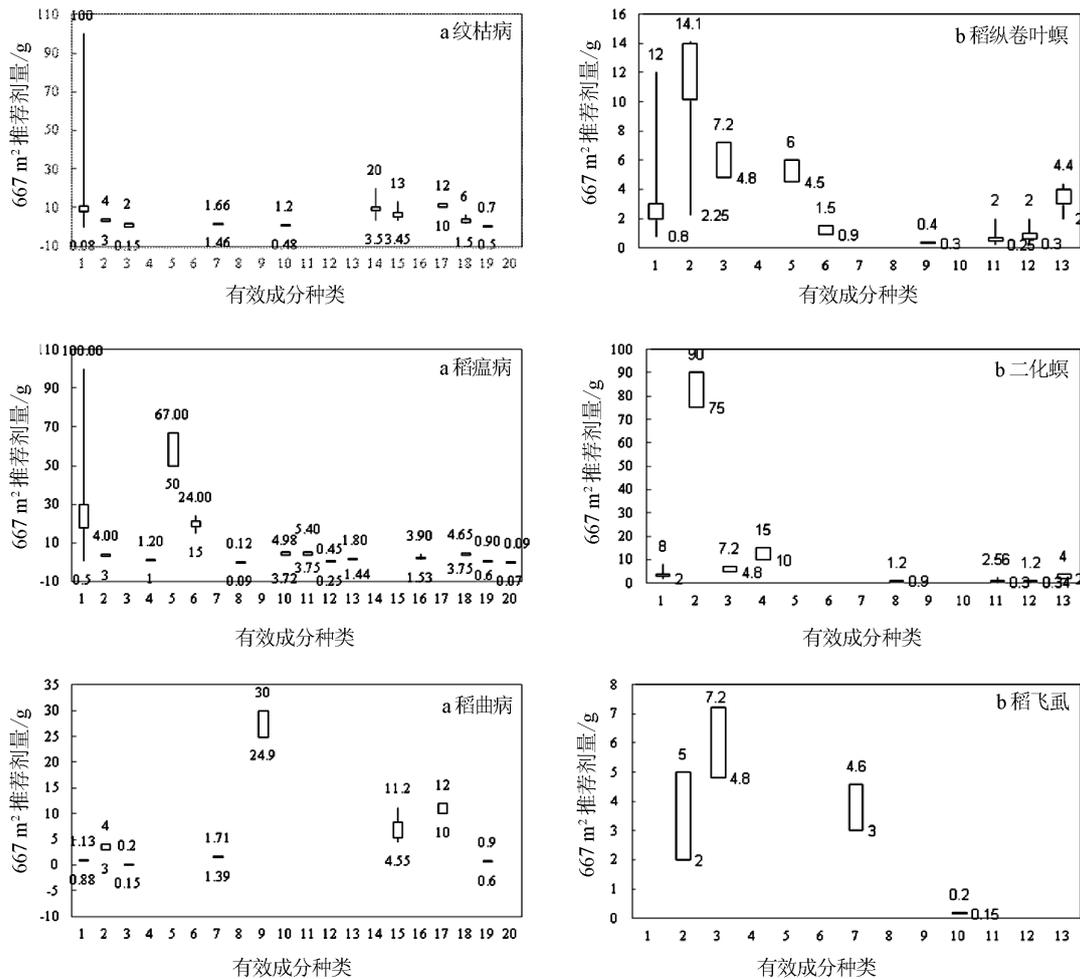


图 1-a: 1 为枯草芽孢杆菌, 2 为蜡质芽孢杆菌, 3 为解淀粉芽孢杆菌, 4 为解淀粉芽孢杆菌 B7900, 5 为荧光假单胞杆菌, 6 为乙蒜素, 7 为蛇床子素, 8 为苯丙烯酮, 9 为琥胶肥酸铜, 10 为低聚糖素, 11 为氨基寡糖素, 12 为几丁聚糖, 13 为辛菌胺醋酸盐, 14 为井冈霉素, 15 为井冈霉素(A), 16 为春雷霉素, 17 为噻啉核苷类抗菌素, 18 为多抗霉素, 19 为申嗪霉素, 20 为四霉素.

图 1-b: 1 为苏云金杆菌, 2 为球孢白僵菌, 3 为金龟子绿僵菌 CQMa421, 4 为金龟子绿僵菌, 5 为短稳杆菌, 6 为甘蓝夜蛾核型多角体病毒, 7 为耳霉菌, 8 为印楝素, 9 为苦皮藤素, 10 为苦参碱, 11 为阿维菌素, 12 为氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐), 13 为多杀霉素.

枯草芽孢杆菌、蜡质芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌 B7900、荧光假单胞杆菌、球孢白僵菌、金龟子绿僵菌 CQ-Ma421、金龟子绿僵菌、短稳杆菌有效成分单位为 1 000 亿孢子(芽孢)/g(mL), 苏云金杆菌有效成分单位为 100×8 000 IU/mg (μL), 甘蓝夜蛾核型多角体病毒有效成分单位为 1 000 亿 PIB/ mL, 耳霉菌有效成分单位为 1 亿 CFU/ mL.

图 1 登记防治水稻“三病三虫”生物农药单剂有效成分推荐用量

### 2.1.3 抗生素类农药尚需完善最大残留限量

根据《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》(GB 2763—2021)登记防治水稻病虫害的微生物源、植物源和生物化学类生物农药豁免最大残留限量。查询并整理发现, 抗生素类生物农药的每季水稻最多使用次数为 2~3 次, 安全间隔期为 7~21 d, 其中, 多抗霉素、春雷霉素、阿维菌素和多杀霉素间隔期最长。申嗪霉素和春雷霉素的最高残留限量最小, 为 0.1 mg/kg; 井冈霉素的最高残留限量最大, 为 0.5 mg/kg, 其他生物农药没有查询到相关数据(表 4)。超次数、超安全间隔期使用, 容易加速病虫害对药剂产生抗药性, 也会增加农药残留风险。部分地区稻纵卷叶螟、二化螟等已经对阿维菌素、甲维盐产生中等至高水平抗性。

表 4 抗生素类生物农药的最大残留限量

| 有效成分      | 每季水稻最多使用次数/次 | 安全间隔期/d   | 稻谷中最大残留限量/(mg·kg <sup>-2</sup> ) |
|-----------|--------------|-----------|----------------------------------|
| 井冈霉素      | 2            | 14        | 0.5                              |
| 嘧啶核苷类抗菌素  | 2            | 7         | 未知                               |
| 多抗霉素      | 2, 3         | 14, 21    | 未知                               |
| 申嗪霉素      | 2            | 14        | 0.1                              |
| 春雷霉素      | 3            | 21        | 0.1                              |
| 四霉素       | 3            | 14        | 未知                               |
| 宁南霉素      | 2            | 10        | 0.2                              |
| 中生菌素      | 未知           | 未知        | 未知                               |
| 阿维菌素(甲维盐) | 2            | 21        | 0.02                             |
| 多杀霉素      | 3            | 7, 14, 21 | 1                                |

## 2.2 使用技术尚需优化, 提高防治效果

生物农药具有选择性强、不易产生抗药性、污染小等优势, 理应成为农作物病虫害综合防治的重要措施之一, 在保障农产品质量安全和保护生态环境中发挥更重要的作用。但我国生物农药防治覆盖率才近 10%, 远低于发达国家 20%~60% 的水平<sup>[6]</sup>。限制生物农药推广使用的原因主要有 2 种: 第一, 生物农药速效性和稳定性不如化学农药, 特别是活体微生物农药储存、运输和使用易受环境影响; 第二, 农民对生物农药的作用机理了解不够、使用方法不当等<sup>[7]</sup>。因此, 指导农户科学使用生物农药尤为重要。

### 2.2.1 科学选药

一是根据防治对象选择药剂。生物农药的杀虫杀菌谱不如化学农药广泛, 对某些病虫害敏感, 而对另一些病虫害不敏感、甚至无效, 如春雷霉素对稻瘟病敏感、对纹枯病基本无效, 甘蓝夜蛾核型多角体病毒对稻纵卷叶螟敏感、对稻飞虱无效。二是根据病虫发生程度选择药剂。一般生物农药对水稻病虫害毒力较低, 田间防效多在 80% 以下<sup>[8-11]</sup>, 在病虫害轻或偏轻发生时能够有效控制危害, 但病虫爆发为害还需用化学农药应急防控。三是根据稻谷生产等级选择药剂。根据《绿色食品—农药使用准则》(NY/T 393—2020), AA 级绿色食品生产中可以使用除苯丙烯菌酮、甾烯醇、琥胶肥酸铜、辛菌胺醋酸盐、四霉素、阿维菌素和甲维盐以外的其他生物农药, A 级绿色食品还可以使用甲维盐。苯丙烯菌酮、甾烯醇为 2019 年以后登记的生物农药, 有可能尚未被纳入《绿色食品—农药使用准则》(NY/T393—2020)。

### 2.2.2 适时使用

生物杀菌剂多数以诱导提高水稻抗病能力、阻止病原物侵染为主, 部分杀菌剂对病原物也有直接抑制作用, 但仍以预防保护作用为主, 往往需要在发病前或刚开始发生时使用, 开始流

行后才喷药多数不会有好的防效。

不论化学杀虫剂还是生物杀虫剂,都应坚持“治早、治小”。梁立成<sup>[12]</sup>发现氯虫苯甲酰胺和阿维菌素对5龄幼虫的 $LC_{50}$ 是1龄幼虫的73.55~83.81倍和524.16~547.21倍,阿维菌素对3龄幼虫的 $LC_{50}$ 与2龄相比,下降了10倍左右。生物杀虫剂最好在害虫1~2龄期施用,昆虫拒食剂、生长调节剂等作用缓慢,3龄期以后施药往往不能阻止危害。活体杀虫剂对使用的环境条件要求较高<sup>[13]</sup>。例如,温度太低,细菌、真菌等繁殖缓慢,一般在20~30℃效果较好。绿僵菌在25~35℃效果比白僵菌好;真菌类杀虫剂需要真菌孢子附着于昆虫体壁而侵染,要有较高湿度、甚至长时间持续的露水;紫外线容易造成细菌的芽孢、伴胞晶体和病毒失活,苏云金杆菌在自然阳光下30 min有50%失活,60 min有80%失活,甲维盐、印楝素在紫外光下也容易光解。因此,在阴天、雨后和傍晚施药效果较好。

### 2.2.3 合理混配

将生物农药特别是微生物杀虫剂与低毒化学农药混配使用,以增强作用效果,是当前生物农药推广应用的一个热点方向<sup>[14]</sup>。登记防治水稻病虫害的生物化学类和抗生素类生物农药混合性较好,能与多种化学农药混合使用。例如,微生物源杀虫剂可以和低浓度化学杀虫剂混用,一般会有增效作用。如井冈霉素有138条、春雷霉素有29条、阿维菌素(甲维盐)有307条、苏云金杆菌有18条混剂产品,多数是与化学农药混配;但微生物源农药不能和杀菌剂混用,不宜与有机磷、有机氯农药和含金属离子农药混用;病毒类杀虫剂不宜与化学杀虫剂混用;多数生物农药不宜与强酸、碱性农药混用<sup>[13]</sup>。

### 2.2.4 高效喷雾

生物杀虫剂多数以胃毒作用为主,细菌类杀虫剂甚至仅有胃毒作用,害虫必须将药剂摄入消化道才起杀虫作用。微生物源杀菌剂基本没有内吸作用,此类药剂需均匀喷雾,尽可能附着叶片,增加病虫接触或摄食机会。喷雾器械建议选用自走式喷杆喷雾机;植保无人机用水量太少,易造成甲维盐等光解,也不利于细菌、真菌类生物农药繁殖。应坚持现配现用,如白僵菌最好2 h内用完,以免孢子过早萌发失去侵染能力。

## 3 讨论与结论

使用生物农药是水稻病虫害生物防治最重要的手段之一,本研究对防治水稻病虫害的生物农药登记情况(截至2022年6月)进行了查询分析。从有效成分和产品数量来看,登记防治水稻病虫害的生物农药有效成分47种,产品1 186条,占水稻病虫登记用药的29.2%和17.7%,远高于小麦的生物农药产品占比2.9%;但产品以农用抗生素类为主,其有效成分占生物农药的20%、产品数却占80.4%,甚至95.6%的混剂都含有抗生素类农药;除苏云金杆菌外的其他微生物源、植物源和生物化学类农药商业化应用仍然有限。从防治对象来看,覆盖了稻纵卷叶螟、稻飞虱、纹枯病、稻瘟病等19种病虫害。从毒性来看,单剂产品中86.7%为低微毒产品,仅有乙蒜素、阿维菌素、甲维盐的部分产品为中等毒性;但阿维菌素和甲维盐是水稻上使用最普遍的生物农药,使用时应优先选择低微毒产品。从推荐剂量和残留限量来看,常用的生物农药有效成分推荐用量明显低于化学农药,且微生物源、植物源和生物化学类生物农药豁免最大残留限量,可用于水稻灌浆后期病虫防治、避免农药残留;但部分抗生素类农药尚未制定最大残留限量。从使用现状来看,生物农药具有选择性强、不易产生抗药性、污染小等优点,但见效慢、无化学农药防效高、使用技术要求高等限制了生物农药的推广使用。优化使用技术,指导农户科学使用生物农药尤为重要。

综上所述,根据田间病虫种类及发生程度,合理选择药剂,在水稻病虫害发生前或初期,使用生物农药进行预防,在爆发期则将生物农药与化学农药混配使用,可发挥二者协同效应,能够加快生物农药作用速度,提高防治效果,降低化学农药用量,降低农药残留风险,延缓化学农药抗药性产生,延长化学农药生命周期<sup>[15-16]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴-2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [2] 亓璐, 张涛, 曾娟, 等. 近年我国水稻五大产区主要病害发生情况分析[J]. 中国植保导刊, 2021, 41(4): 37-42, 65.
- [3] 车琳, 蒋沁宏, 王也, 等. 我国水稻五大产区虫害发生及防控情况差异的比较分析[J]. 植物保护, 2022, 48(3): 233-241.
- [4] 刘晓漫, 曹堃程, 王秋霞, 等. 我国生物农药的登记及推广应用现状[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 101-107.
- [5] 张宏军, 陶岭梅, 刘学, 等. 我国生物农药登记管理情况分析[J]. 中国生物防治学报, 2022, 38(1): 9-17.
- [6] 王以燕, 袁善奎, 苏天运, 等. 我国生物源农药的登记和发展现状[J]. 农药, 2019, 58(1): 1-5, 10.
- [7] 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.
- [8] 刘祥臣, 赵海英, 丰大清, 等. 不同药剂不同施药次数防治水稻纹枯病田间药效试验[J]. 中国稻米, 2017, 23(1): 112-114.
- [9] 张俊华, 李新斌, 余小清, 等. 生物农药“枯草芽孢杆菌”防治水稻纹枯病试验[J]. 湖北植保, 2019(3): 14-15.
- [10] 朱友理, 何东兵, 吴小美, 等. 植物源农药 0.2% 苯丙烯菌酮微乳剂对稻瘟病的田间防效[J]. 基层农技推广, 2019, 7(5): 28-30.
- [11] 彭国雄, 张淑玲, 夏玉先. 金龟子绿僵菌 CQMa421 农药及应用情况[J]. 中国生物防治学报, 2020, 36(6): 850-857.
- [12] 梁立成. 氯虫苯甲酰胺和阿维菌素亚致死剂量处理对稻纵卷叶螟生长发育和繁殖的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2014.
- [13] 吴文君, 高希武, 张帅. 生物农药科学使用指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [14] 邱德文. 生物农药研究进展与未来展望[J]. 植物保护, 2013, 39(5): 81-89.
- [15] 彭国雄, 谢佳沁, 夏玉先. 金龟子绿僵菌 CQMa421 与杀虫剂、杀菌剂的兼容性[J]. 中国生物防治学报, 2017, 33(6): 747-751.
- [16] 贺雄, 丁朝辉, 胡立冬, 等. 生物与化学农药对早稻主要病害绿色防控技术初探[J]. 农药, 2020, 59(1): 68-73.

责任编辑 苏荣艳