

## 5 种杀菌剂混配对草莓细菌性角斑病防治效果研究

杨振华<sup>1</sup>, 缙一杰<sup>1\*</sup>, 王新宁<sup>2</sup>

(1. 杨凌职业技术学院 生物工程分院, 陕西 杨陵 712100; 2. 延安向新农业科技有限公司, 陕西 延安 716000)

**摘要:**通过田间药效试验的方法,评价5种常用杀菌剂不同混配方式对草莓细菌性角斑病的防治效果,筛选出防治草莓细菌性角斑病的最佳药剂混配方式。结果表明,在草莓细菌性角斑病发病初期,采用叶面喷施3%噻霉酮水分散粒剂和2%春雷霉素,同时用多粘类芽孢杆菌KN-03 300倍稀释液灌根的手段,间隔10 d、连续施用3次,优于其他混配方式的防治效果。因此在草莓生产上防治细菌性角斑病时,推荐使用上述3种杀菌剂混配。

**关键词:**噻霉酮;春雷霉素;多粘类芽孢杆菌;草莓细菌性角斑病

**中图分类号:**S668.4

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-7461(2022)05-0162-05

### Control Effect of 5 Kinds of Fungicides Mixed on Bacterial Angular Spot of Strawberry

YANG Zhen-hua<sup>1</sup>, GOU Yi-jie<sup>1\*</sup>, WANG Xin-ning<sup>2</sup>

(1. Yangling Vocational & Technical College, School of Bioengineering, Yangling 712100, Shaanxi, China;

2. Yan'an Sunsci Agricultural Technology Co., Ltd, Yan'an 716000, Shaanxi, China)

**Abstract:** To screen out the effective fungicides for the control of strawberry bacterial angular, the control effects of five common fungicides with different mixing patterns were evaluated by field efficacy test. The test results showed that the best control effect could be achieved when the following application procedures were followed: in the early stage of the disease occurrence, foliar spraying of 3% thiamycin water dispersible granules and 2% kasugamycin, and at the same time irrigated the roots with 300-fold dilution of *Paenibacillus polymyxa* KN-03 at intervals of 10 d. for 3 times. It was recommended to use the above three kinds of fungicides in the prevention and control of bacterial angular spot of strawberry production.

**Key words:** thiamycin; Kasugamycin; *Paenibacillus polymyxa* KN-03; Bacterial Angular Leaf Spot of Strawberry

草莓(*Fragaria ananassa*)被誉为“水果皇后”,营养价值高,在北方利用设施越冬栽培生产,11月底即可上市,经济价值高。但近几年,角斑病成为草莓生产中危害严重的细菌性病害,由于种苗退化及育苗期多雨等造成该病在生产田大量爆发,其病原菌是草莓角斑病菌(*Xanthomonas fragariae*),属于薄壁细菌门(Gracilicutes)、假单胞杆菌科(Pseudomonadaceae)、黄单胞杆菌属(*Xanthomonas*)<sup>[1]</sup>。该病发病初期,叶片出现不规则的红褐色,湿度大时叶背可见溢有菌脓,随着时间的推移,病菌随着叶柄下

移到植株根冠茎部,茎基部侵染后,组织坏死,植株根系营养无法供给到地上部分,植株出现“断头”现象,因此又称“断头病”<sup>[2]</sup>。据统计,2021年陕西关中地区约30%的草莓园区不同程度地发生了细菌性角斑病侵染植株现象,其中约10%的园区死苗率竟达100%。

化学药剂因为操作简单、使用方便、见效快等突出优点,在不同物种的生产管理中被广泛使用,如番茄(*Solanum lycopersicon*)<sup>[3]</sup>、黄瓜(*Cucumis sativus*)<sup>[4]</sup>、苹果(*Malus pumila*)<sup>[5]</sup>、核桃(*Juglans re-*

收稿日期:2022-02-14 修回日期:2022-03-04

基金项目:2021年陕西省农业科技创新驱动项目;杨凌职业技术学院校企合作研发项目(XXNY20210813);陕西省科技厅重点产业链项目(2021ZDLNY04-09)。

第一作者:杨振华,硕士,副教授。研究方向:设施草莓产业化集成技术应用体系研究与推广。E-mail:478548425@qq.com

\* 通信作者:缙一杰,硕士,助教。研究方向:设施蔬菜栽培。E-mail:gouyijie1025@163.com

gia)<sup>[6]</sup>等。段永华等<sup>[7]</sup>对草莓细菌性角斑病及田间发病规律进行了调查研究,提出化学防治与农业防治并举措施。杨万凤等<sup>[8]</sup>研究表明,72%农用链霉素可溶性粉剂对草莓细菌性角斑病有一定的防治作用,最低有效浓度为 18.75 μg·mL<sup>-1</sup>。孙雪梅等<sup>[2]</sup>用宁南霉素、中生菌素、春雷霉素、四霉素和乙蒜素 5 个生物单剂对草莓进行蘸根处理,能够有效预防细菌性角斑病。陕西设施草莓产业起步较晚,本研究在前人研究的基础上,选择 4 种化学杀菌剂(春雷霉素、噻唑锌、噻唑铜、噻霉酮)和 1 种微生物杀菌剂(多粘类芽孢杆菌 *Paenibacillus polymyxa*)进行混配,通过发病植株叶面喷施和灌根的处理方式,研究不同混配方式对草莓细菌性角斑病的防治效果,为陕西省设施草莓的角斑病防治提供科研依据。

1 材料与方法

1.1 试验场地

试验选择在杨凌示范区五泉镇崔家寨村草莓园,于 2021 年 9 月 2 日定植红颜、章姬 2 个品种。试验地土壤 pH 为 8.0,有机质 2%,水解 N 103 mg·kg<sup>-1</sup>,有效 P 57.2 mg·kg<sup>-1</sup>,速效 K 122 mg·kg<sup>-1</sup>。

1.2 供试材料

于 2021 年 9 月 20 日调研发现草莓植株大面积感染细菌性角斑病,通过前期筛选,选出 1 400 株发病程度相似植株,其中红颜 700 株,章姬 700 株。

1.3 供试药剂

噻唑锌 30%悬浮剂(德国巴斯夫);春雷霉素 2%水剂(上海沪联);噻唑铜 30%悬浮剂(浙江东风化工厂);3%噻霉酮水分散粒剂(陕西西大华特科技实业有限公司);多粘类芽孢杆菌 KN-03 悬浮液(山东阵地)。

1.4 仪器

G35-25L 电动喷雾机,LI6400 光合系统测定仪、卷尺、天平。

1.5 试验设计

试验设置 6 个处理和 1 个空白对照处理,每个处理 200 个病株(章姬 100 株,红颜 100 株),空白对照喷等量清水。间隔 10 d 施药 1 次,共施 3 次。施药时间分别为 9 月 25 日、10 月 5 日、10 月 15 日。分别于第 1 次施药后 4 d、第 2 次施药后 7 d、第 3 次施药后 11 d 调查病情。药剂混配方式及处理方法见表 1<sup>[9]</sup>。

1.6 项目测定与方法

1.6.1 角斑病防效效果测定 细菌性角斑病病情分级标准如下:0 级,无病斑;1 级,病斑面积占整个

叶片面积的 6%以下;3 级,病斑面积占整个叶片面积的 6%~10%;5 级,病斑面积占整个叶片面积的 11%~20%;7 级,病斑面积占整个叶片面积的 21%~50%;9 级,病斑面积占整个叶片面积的 50%以上<sup>[10]</sup>。病情指数、防效、发病率的计算方法如下:

病情指数 =  $\sum(\text{各级病叶数} \times \text{代表数 } f \text{ 值}) / (\text{总叶数} \times \text{最高病级值}) \times 100\%$ ; (1)

防效 =  $(\text{对照病情指数} - \text{处理区病情指数}) / (\text{对照病情指数}) \times 100\%$  (2)

发病率 =  $\text{发病植株} / \text{调查总植株} \times 100\%$ 。 (3)

表 1 不同药剂配比及处理方法  
Table 1 Different reagent ratios and treatment methods

| 处理 | 药剂选择及处理方法  |
|----|--|
| T1 | 噻唑锌 30%悬浮剂 10 mL+春雷霉素 2%水剂 20 mL 叶面喷施                              |
| T2 | 噻唑铜 30%悬浮剂 10 mL+春雷霉素 2%水剂 20 mL 叶面喷施                              |
| T3 | 3%噻霉酮水分散粒剂 10 mL+春雷霉素 2%水剂 20 mL 叶面喷施                              |
| T4 | 噻唑锌 30%悬浮剂 10 mL+春雷霉素 2%水剂 20 mL 叶面喷施+多粘类芽孢杆菌 KN-03 悬浮液 300 倍稀释液灌根 |
| T5 | 噻唑铜 30%悬浮剂 10 mL+春雷霉素 2%水剂 20 mL 叶面喷施+多粘类芽孢杆菌 KN-03 悬浮液 300 倍稀释液灌根 |
| T6 | 3%噻霉酮水分散粒剂 10 mL+春雷霉素 2%水剂 20 mL 叶面喷施+多粘类芽孢杆菌 KN-03 悬浮液 300 倍稀释液灌根 |
| CK | 喷施清水   |

1.6.2 营养生长、生殖生长指标测定 显蕾期前 11 月 1 日统计每个处理下章姬、红颜的营养生长、生殖生长指标测定,包括株高、叶柄长、叶面积、花序长、花枝数、花蕾数。

株高:草莓植株基部至叶片最高处之间的距离。

叶柄长:为心叶向外第 3 片展平的功能叶的叶柄长度。

叶面积:心叶向外第 3 片展平的功能叶面积。

1.6.3 草莓叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率及根系活力测定 于草莓第 1 片新叶成龄后测定叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率及根系活力。净光合速率(PN)及蒸腾速率(E),采用 Li6400 光合系统测定仪测定;叶绿素,采用丙酮浸提法测定;根系活力,采用 TTC 法测定。

1.6.4 草莓产量测定 在草莓整个生长期,其他农艺管理措施一致。待头茬果成熟后每个处理选具有代表性的连续 20 株作为调查对象,用天平测其单株产量,并取平均值。

1.7 数据处理

采用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 对数据进行统计分析;采用 Origin 2021 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对细菌性角斑病的防治效果分析

对‘章姬’草莓进行药剂处理(表 2),第 1 次施药后 4 d,T6 处理的防效可达 83.56%,显著优于其他处理;T1、T2、T3、T4、T5 的防效分别为 62.11%、63.45%、65.25%、78.23%。第 2 次施药后 7 d,T4、T5、T6 处理的防效都可达 85%以上,均显著优于 T1、T2、T3 处理。第 3 次施药后 11 d,T4、T5、T6 处理的防效都可达 90%以上,以 T5、T6

处理效果最佳,防效分别为 95.92%、94.56%,二者差异不显著。同时,6 组处理都大大降低了病苗率,其中 T6 处理的病苗率低至 10.23%。

对‘红颜’草莓进行药剂处理(表 3),第 1 次施药后 4 d,T6 处理的防效可达 84.36%,显著优于其他处理。第 2 次施药后 7 d,T4、T5 处理的防效也大幅度提高、与 T6 处理的防效都可达 85%以上,三者差异不显著。第 3 次施药后 11 d,T6 处理的防效可达 95.26%。同时,6 组处理都大大降低了病苗率,T6 处理的病苗率为 18.21%。

表 2 不同处理对章姬品种细菌性角斑病的防治效果

Table 2 Control effects of different treatments on bacterial angular spot infected in "Zhangji" strawberry

| 处理 | 第 1 次药后 4 d |             | 第 2 次药后 7 d |             | 第 3 次药后 11 d |              | 病苗率(%)     |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|
|    | 病情指数        | 防效(%)       | 病情指数        | 防效(%)       | 病情指数         | 防效(%)        |            |
| T1 | 1.56±1.23   | 62.11±3.23c | 3.56±1.97   | 68.34±4.25b | 4.56±2.15    | 76.35±5.76b  | 14.56±1.89 |
| T2 | 1.85±2.11   | 63.45±4.21c | 3.25±2.01   | 68.36±3.63b | 5.63±3.11    | 79.56±4.35b  | 13.56±2.63 |
| T3 | 1.78±1.82   | 65.25±5.15c | 2.88±3.11   | 71.69±3.74b | 5.98±2.64    | 81.32±4.91b  | 16.65±3.21 |
| T4 | 1.65±2.43   | 77.56±5.43b | 4.25±2.97   | 85.56±5.21a | 6.89±1.98    | 90.23±3.26ab | 10.85±1.91 |
| T5 | 1.52±2.51   | 78.23±5.97b | 4.85±1.96   | 86.35±3.98a | 6.05±3.11    | 95.92±4.78a  | 11.36±2.23 |
| T6 | 1.47±2.08   | 83.56±4.64a | 4.05±2.31   | 85.36±4.67a | 6.45±4.23    | 94.56±3.91a  | 10.23±1.21 |
| CK | 1.39±1.89   | —           | —           | —           | —            | —            | 56.96±7.12 |

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著;下同。

表 3 不同处理对红颜品种细菌性角斑病的防治效果

Table 3 Control effects of different treatments on bacterial angular spot infected in "Hongyan" strawberry

| 处理 | 第 1 次药后 4 d |             | 第 2 次药后 7 d |             | 第 3 次药后 11 d |              | 病苗率(%)     |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|
|    | 病情指数        | 防效(%)       | 病情指数        | 防效(%)       | 病情指数         | 防效(%)        |            |
| T1 | 2.36±1.08   | 65.16±4.12c | 4.26±2.16   | 74.34±3.97b | 5.06±2.13    | 73.32±3.98b  | 14.56±1.21 |
| T2 | 2.75±1.65   | 68.42±3.97c | 4.28±1.97   | 78.39±3.69b | 5.50±2.45    | 71.56±4.11b  | 13.56±2.03 |
| T3 | 2.78±2.01   | 71.24±3.85c | 3.56±2.04   | 75.69±4.02b | 4.38±2.61    | 72.32±5.23b  | 16.65±1.97 |
| T4 | 3.55±1.48   | 79.26±4.13b | 4.52±2.56   | 87.36±5.21a | 5.59±1.98    | 92.27±4.32ab | 10.85±1.85 |
| T5 | 4.22±2.12   | 81.33±4.24b | 4.35±1.79   | 88.35±5.35a | 5.55±2.88    | 93.51±5.29a  | 11.36±2.37 |
| T6 | 3.46±1.79   | 84.36±5.16a | 4.25±2.02   | 89.34±4.98a | 6.25±3.02    | 95.26±4.97a  | 10.23±2.13 |
| CK | 3.89±2.03   | —           | —           | —           | —            | —            | 56.96±3.12 |

2.2 不同处理对营养生长、生殖生长影响

由表 4 可见,对章姬草莓进行药剂处理后,不同处理对其营养生长及生殖生长的影响十分明显,各项指标均优于对照。营养生长方面,T5、T6 处理下的草莓株高分别可达 24.21、23.62 cm,显著优于对照和其他处理。生殖生长方面,T5 处理下草莓的花序长、花枝数分别为 25.65 cm、3.9 个,优于其他处理;T6 处理下的草莓叶柄长和叶面积分别为 18.23 cm、49.26 cm<sup>2</sup>,营养生长状况;而 T6 处理下的花蕾数最多,达到 19.3 个。

由表 5 可见,对红颜草莓进行药剂处理后,各项指标均优于对照。营养生长方面,T6 处理下的草莓

株高和叶柄长分别为 23.62、17.56 cm,为最佳;T5、T6 处理下的草莓叶面积分别为 48.10、48.16 cm<sup>2</sup>,无明显差异。生殖生长方面,T5 处理下的草莓生长指标均为最佳,花序长、花枝数、花蕾数分别为 14.80 cm、2.9 个、29.8 个。

2.2 不同处理对净光合速率、叶绿素含量、蒸腾速率及根系活力的影响

由图 1 可以看出,对章姬、红颜草莓进行不同药剂处理后,对其净光合速率、叶绿素含量、蒸腾速率及根系活力的影响十分明显,6 种处理的各项指标相较于对照均大幅度提高。

表 4 不同处理对章姬草莓营养生长、生殖生长的影响

Table 4 Effects of different treatments on vegetative growth and reproductive growth of "Zhangji"

| 处理 | 株高/cm        | 叶柄长/cm      | 叶面积/cm <sup>2</sup> | 花序长/cm       | 花枝数/个     | 花蕾数/个     |
|----|--------------|-------------|---------------------|--------------|-----------|-----------|
| T1 | 20.36±1.22bc | 15.71±0.13b | 40.56±2.52c         | 22.36±1.97ab | 1.9±0.2bc | 15.6±2.4b |
| T2 | 21.51±1.13b  | 16.84±0.14b | 41.23±1.97c         | 23.80±1.49ab | 1.7±0.8bc | 13.3±2.3c |
| T3 | 20.32±1.31c  | 16.81±0.56b | 44.56±1.88b         | 23.52±1.07ab | 1.8±0.8bc | 14.3±3.1c |
| T4 | 22.36±1.62ab | 16.32±0.79b | 49.98±1.89a         | 24.23±1.99a  | 2.1±0.9ab | 16.3±2.9b |
| T5 | 24.21±1.45a  | 16.96±0.68b | 46.10±1.11ab        | 25.65±2.04a  | 3.9±0.3a  | 15.8±3.2b |
| T6 | 23.62±1.98a  | 18.23±0.26a | 49.26±1.21a         | 18.12±1.98b  | 3.6±0.5a  | 19.3±3.5a |
| CK | 18.61±1.11c  | 15.12±0.63c | 40.52±1.86c         | 19.11±1.51b  | 1.2±0.8c  | 7.3±2.1d  |

表 5 不同处理对红颜草莓营养生长、生殖生长的影响

Table 5 Effects of different treatments on vegetative growth and reproductive growth of "Hongyan"

| 处理 | 株高/cm        | 叶柄长/cm       | 叶面积/cm <sup>2</sup> | 花序长/cm       | 花枝数/个     | 花蕾数/个     |
|----|--------------|--------------|---------------------|--------------|-----------|-----------|
| T1 | 17.36±1.19b  | 15.89±0.81b  | 47.51±1.91b         | 13.98±1.93b  | 2.1±0.3ab | 25.8±2.1b |
| T2 | 20.51±1.72b  | 15.08±1.12b  | 47.89±2.03b         | 14.56±1.87ab | 2.0±0.4b  | 27.3±2.3b |
| T3 | 19.32±1.32bc | 15.36±1.34b  | 47.96±1.89b         | 14.25±1.69b  | 1.5±0.2bc | 26.4±2.4b |
| T4 | 18.36±1.45b  | 16.92±1.51ab | 47.98±1.77b         | 15.65±1.66a  | 2.1±0.6ab | 29.3±1.9a |
| T5 | 19.36±1.67b  | 16.74±1.39ab | 48.10±1.68a         | 14.80±2.03ab | 2.9±0.3a  | 29.8±1.7a |
| T6 | 23.62±1.48a  | 17.56±1.78a  | 48.16±1.93a         | 14.52±2.11ab | 2.6±0.5a  | 28.9±2.1a |
| CK | 12.61±1.62c  | 15.12±1.15b  | 45.52±1.78c         | 12.11±1.77c  | 0.8±0.2c  | 14.3±2.3c |

2.3 不同处理对章姬、红颜产量的影响

由图 2 可以看出,对章姬、红颜草莓进行不同药剂处理后,产量的影响十分明显,6 种处理的产量相较于对照均大幅度提高。对照组的章姬、红颜草莓产量仅分别为 0.2、0.24 kg·株<sup>-1</sup>。而经过药剂处理后,每组处理的产量均达到 0.3 kg·株<sup>-1</sup> 以上,T6 处理下,章姬、红颜草莓的产量达到 0.6、0.57 kg·株<sup>-1</sup>。

3 结论与讨论

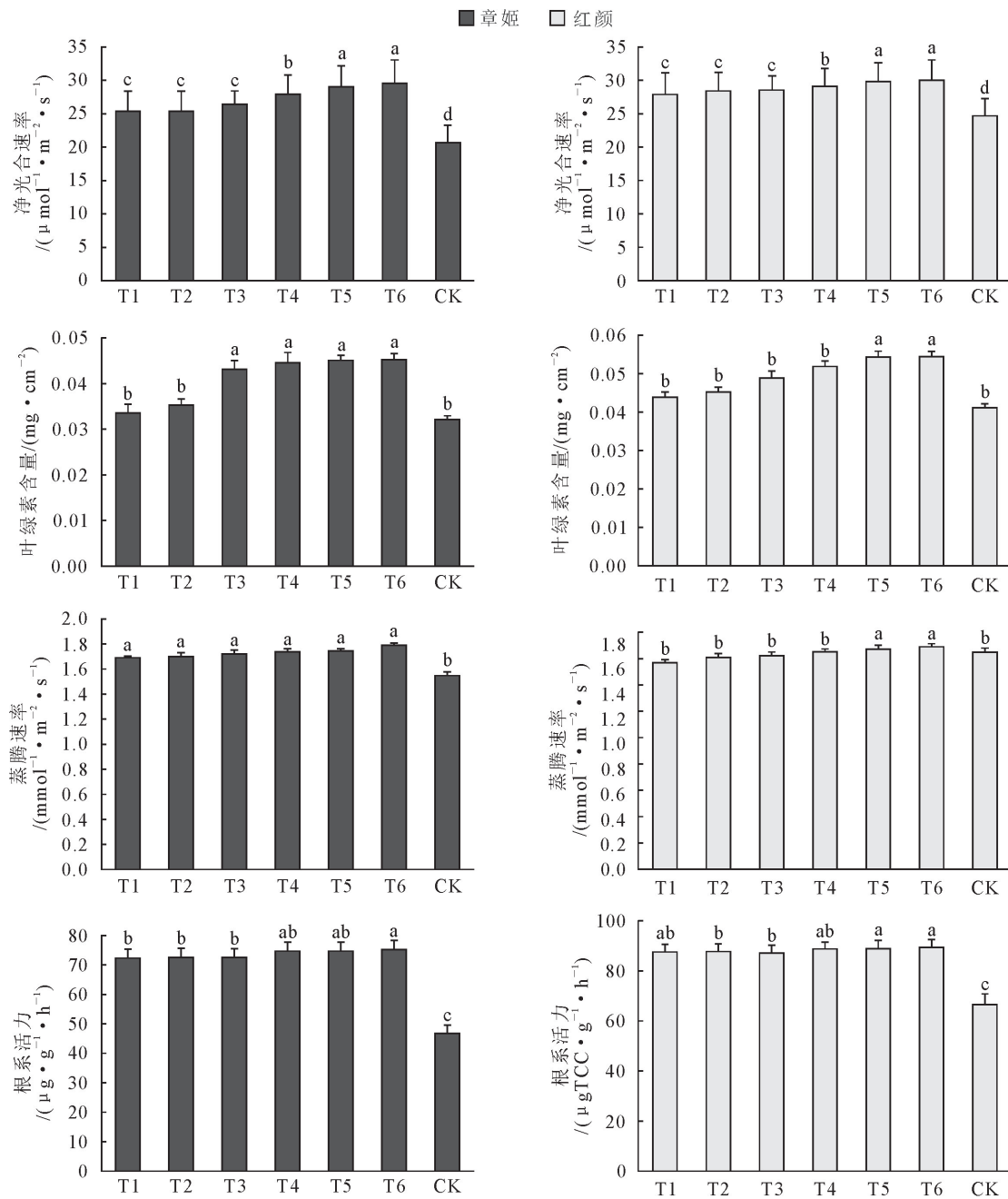
将生产上常用的 4 种化学杀菌剂和 1 种微生物杀菌剂混配成 6 组处理后,进行田间药效试验对比,测定不同处理对草莓细菌性角斑病的防效。结果表明,噻霉酮、春雷霉素和多粘类芽孢杆菌对草莓细菌性角斑病有较好的防治效果,三者作用机制不同。春雷霉素为农用抗生素,噻霉酮为广谱杀菌剂,二者复配可以协同增效。近年来,由于生产者对化学杀菌剂的不科学使用,常常造成病原菌抗药性,同时带来一系列环境和健康问题。基于此,研究者寻找了许多生物防治的方法来替代化学杀菌剂的使用,并颇有成效<sup>[11]</sup>。用生防菌进行生物防治是一种高效绿色的植物病害防治办法,常见的生防菌种主要分为细菌、真菌及放线菌<sup>[12]</sup>。多粘类芽孢杆菌是植物生产中一种有效的拮抗菌和促生菌,具有固氮能力的革兰氏阳性细菌,是可免做安全鉴定的一级菌种,

其能够通过自身代谢产生具有广谱拮抗作用的代谢产物,有效抑制农作物病原菌,还可促进作物生长发育并提高产量<sup>[13-14]</sup>。

目前,生产上对草莓细菌性角斑病的防治措施有限,常用春雷霉素、噻唑锌、噻霉酮等杀菌剂进行叶面喷施防治,如此也带来一定的抗药性和农残问题<sup>[15-16]</sup>。综合评价表明,化学类单剂叶面喷施用于防治草莓细菌性角斑病不是最佳选择。本研究在此基础上,用生防菌“多粘类芽孢杆菌 KN-03”进行灌根处理,大大提高了防治效果和产量,为防治草莓细菌性角斑病提供了新思路。

对于章姬、红颜草莓,T1、T2、T3 处理对草莓细菌性角斑病田间防治药效相对表现较差,原因在于以上 3 种处理仅单独使用 2 种杀菌剂进行叶面喷施,已产生了抗药性,与其他处理添加多粘类芽孢杆菌灌根相比,防治手段较为单一。T5 处理和 T6 处理的防治效果最佳,同时 2 种处理下营养生长和生殖生长的各项指标也均有显著提升;但 T6 处理的草莓产量优于 T5 处理。

综上,在进行草莓角斑病的防治时,抓住施药的关键时期,即在发病初期采用叶面喷施 3%噻霉酮水分散粒剂和 2%春雷霉素,同时用多粘类芽孢杆菌 KN-03 300 倍稀释液灌根的方式,间隔 10 d、连续施用 3 次,能够提高对角斑病的防治效果,并控制病菌抗药性的产生。



注:相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著。

图1 不同处理对净光合速率、叶绿素含量、蒸腾速率及根系活力的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on net photosynthetic rate, chlorophyll content, transpiration rate and root activity of two strawberry cultivars

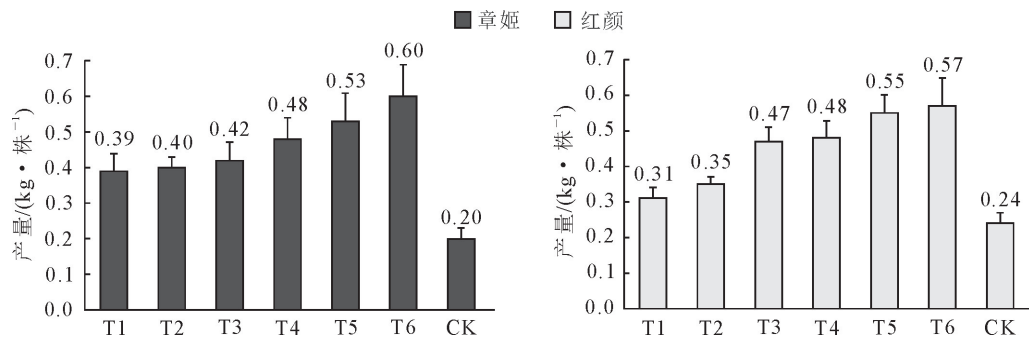


图2 不同处理对章姬、红颜草莓产量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on the yield of "Zhangji" and "Hongyan" strawberry



- ment, Insights from a western mountain-basin area, China[J]. Journal of Environmental Management, 2021, 281: 1118-17.
- [8] 刘紫玫, 尹丹, 黄庆旭, 等. 生态系统服务在土地利用规划研究和应用中的进展——基于文献计量和文本分析法[J]. 地理科学进展, 2019, 38(2): 236-247.  
LIU Z W, YIN D, HUANG Q X, *et al.* Research and application progress of ecosystem services in land use planning: A bibliometric and textual analysis [J]. Progress in Geography, 2019, 38(2): 236-247. (in Chinese)
- [9] 李振今, 贝桂民, 李兴, 等. ENVI 监督分类法在济南市林地监测中的应用[J]. 山东林业科技, 2021, 51(1): 65-68.  
LI Z J, BEI G M, LI X, *et al.* Application of ENVI supervised classification in forest land monitoring in Jinan [J]. Shandong Forestry Science and technology, 2021, 51(1): 65-68. (in Chinese)
- [10] 邱晓慧, 苏英慧, 邱桃元, 等. 重庆市江津区河岸带土地利用景观格局研究[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(7): 223-230.  
DI X H, SU Y H, DI T Y, *et al.* Landscape pattern of land use in the riparian zone of Jiangjin District, Chongqing [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(7): 223-230. (in Chinese)
- [11] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报, 2002(1): 121-125.
- [12] 丁宇雪, 周向斌, 初炜钰, 等. 国产高分影像在矿业城市生态安全性评价中的应用——以黑龙江省七台河市为例[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2021, 51(2): 533-542.  
DING Y X, ZHOU X B, CHU W Y, *et al.* Application of domestic high-score image in ecological security assessment of mining cities: a case study of Qitaihe City in Heilongjiang Province [J]. Journal of Jilin University, 2021, 51(2): 533-542. (in Chinese)
- [13] 张吕成, 张一帆, 董灵波. 基于 Landsat TM 数据的大兴安岭森林景观空间格局及其关联性[J]. 森林工程, 2021, 37(6): 1-9.  
ZHANG L C, ZHANG Y F, DONG L B. Spatial pattern and correlation of forest landscape in daxing'an mountains based on landsat TM data [J]. Forest Engineering, 2021, 37(6): 1-9. (in Chinese)
- [14] 申依宁, 弓弼, 贾浩洋, 等. 杨凌区城镇景观格局动态变化分析[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(4): 319-324.  
SHEN Y N, GONG B, JIA H Y, *et al.* Dynamic changes of urban landscape pattern in Yangling District [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(4): 319-324. (in Chinese)
- [15] 张楚宜, 胡远满, 刘森, 等. 景观生态学三维格局研究进展[J]. 应用生态学报, 2019, 30(12): 4353-4360.  
ZHANG C Y, HU Y M, LIU M, *et al.* Research progress on three-dimensional pattern in landscape ecology [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(12): 4353-4360. (in Chinese)
- [16] 毛靓, 贾京默. 黑龙江县域农林用地景观格局变化特征[J]. 森林工程, 2022, 38(2): 44-53.  
MAO L, JIA J M. Study on the change characteristics of landscape pattern of agricultural and forestry land at County area in Heilongjiang [J]. Forest Engineering, 2022, 38(2): 44-53. (in Chinese)
- [17] 陈利顶, 李秀珍, 傅伯杰, 等. 中国景观生态学发展历程与未来研究重点[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3129-3141.

(上接第 166 页)

## 参考文献:

- [1] 刘天鸿, 杨万风. 草莓上一种新病害—草莓角斑病[J]. 中国蔬菜, 2011(5): 28-29.
- [2] 孙雪梅, 凤舞剑. 不同药剂蘸根处理对草莓角斑病预防与促生效应评价[J]. 农业科技通讯, 2021(11): 201-203.
- [3] 贤小勇, 林珊宇, 邓晓连, 等. 9 种杀菌剂对番茄灰霉病的田间防治效果[J]. 农业研究与应用, 2021, 34(2): 22-25.  
XIAN X Y, LIN S Y, DENG X L, *et al.* Field efficacy of nine fungicides against tomato *Botrytis cinerea* [J]. Agricultural Research and Application, 2021, 34(2): 22-25. (in Chinese)
- [4] 姚海利, 贺丽萍, 吴长兴, 等. 7 种杀菌剂对黄瓜白粉病的防治效果[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(8): 1589-1591.
- [5] 王帅, 刘召阳, 高小宁, 等. 10 种生物源杀菌剂对苹果树腐烂病菌的室内活性评价[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(1): 150-156.  
WANG S, LIU Z Y, GAO X N, *et al.* Antifungal activity of 10 biological fungicides against *Valsa mali* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(1): 150-156. (in Chinese)
- [6] 郭安柱, 张力元, 李岩, 等. 防治核桃黑斑病药剂筛选及田间药效试验[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(1): 177-182.  
GUO A Z, ZHANG L Y, LI Y, *et al.* Selection and field application of effective bactericides against walnut blight [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(1): 177-182. (in Chinese)
- [7] 段永华, 左丽娟, 普继琼, 等. 草莓细菌性角斑病的田间发病规律及防治措施[J]. 农业科技通讯, 2020(8): 325-327.
- [8] 杨万风, 刘艳, 刘翔, 等. 草莓角斑病室内抑菌药剂筛选[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(5): 161-162.
- [9] 苗则彦, 赵杨, 李颖, 等. 春雷霉素和噻霉酮对番茄斑疹病菌联合毒力及防病效果[J]. 植物保护, 2015, 41(2): 216-219.  
MIAO Z Y, ZHAO Y, LI Y, *et al.* Co-toxicity of kasugamycin and benziotiazolinone to *Pseudomonas syringae* pv. tomato and its control effect [J]. Plant Protection, 2015, 41(2): 216-219. (in Chinese)
- [10] 徐沛东, 魏方林, 张军, 等. 6 种杀菌剂对黄瓜细菌性角斑病的生长抑制活性及田间防效[J]. 世界农药, 2021, 43(6): 48-52.
- [11] 刘元才. 生物防治在农业病虫害防治中的应用[J]. 种子科技, 2021, 39(23): 101-102.
- [12] 蒋高华, 彭兴华, 李宛晔. 生物有机肥生防菌的应用研究进展[J]. 农业与技术, 2019, 39(21): 19-20.
- [13] 郭赛赛, 张敬泽. 多粘类芽孢杆菌及其脂肽化合物研究进展[J]. 农药学报, 2019, 21(Sup. 1): 787-798.
- [14] 胡琼, 任国平. 多粘类芽孢杆菌在植物生产中的应用及作用机制[J]. 北方园艺, 2020(24): 137-144.
- [15] 班思凡, 李春梅, 贺青华, 等. 设施栽培草莓中农药残留膳食风险评估[J]. 食品工业科技, 2020, 41(3): 212-220.
- [16] 卢晓雪, 聂国媛, 孙海燕, 等. 长三角地区果蔬灰霉病菌对 5 种杀菌剂的抗药性检测[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24): 97-100.