

doi:10.11937/bfyy.20171029

芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 对 葡萄霜霉病的田间防效

王贻莲¹, 李纪顺¹, 王英姿², 辛相启³, 李宝燕², 谢雪迎¹

(1. 山东省科学院 生态研究所, 山东省应用微生物重点实验室, 山东 济南 250014; 2. 烟台市农业科学研究院, 山东 烟台 265500; 3. 山东省农业科学院 植物保护研究所, 山东 济南 250100)

摘 要:以葡萄霜霉病生防菌株 BCJB01 和 BMJBN02 为供试菌, 分别在山东省济南和烟台地区的葡萄园对不同葡萄品种的霜霉病进行了小区防治试验, 以期明确 BCJB01 和 BMJBN02 对不同葡萄品种霜霉病的实际防治效果, 探寻提高 BCJB01 和 BMJBN02 菌剂对葡萄霜霉病的防治技术, 为其制剂的推广应用提供参考依据。结果表明:在霜霉病发病初期, $20\text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂对“泽山一号”的防治效果分别为 84.05% 和 73.30%; $20\text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂交替使用对“蛇龙珠”的防效在 62% 以上; $20\ 000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 粉剂 + 0.1% 助剂对“蛇龙珠”的防效为 81.31%; $6\ 667\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 粉剂 + 0.1% 助剂对“蛇龙珠”的防效为 61.29%。在霜霉病进入盛发期后, $20\ 000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 粉剂 + 0.1% 助剂对“蛇龙珠”的防效仍在 80% 以上; $6\ 667\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 芽孢杆菌 BCJB01 粉剂对“夏黑”的防治效果为 62.65%。表明 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂及 BCJB01 粉剂 + 0.1% 助剂对葡萄霜霉病均有良好的防效, 可作为防治葡萄霜霉病的交替生物药剂。

关键词:芽孢杆菌; 葡萄霜霉病; 田间防效

中图分类号:S 436.631.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)17-0067-05

葡萄霜霉病是由葡萄生单轴霉 (*Plasmopara viticola* (Berk. et Curtis) Berl. et de Toni) 引起的一种重要病害, 在我国各葡萄产区几乎均有危害^[1]。该病主要为害葡萄叶片, 也为害葡萄

的幼梢和幼果。在病害盛发年份, 葡萄幼果长满白色霉层, 病叶枯黄、早落, 发病新梢扭曲、变形, 对葡萄生长、果实品质及产量影响很大, 给葡萄产业造成重大的损失^[2-4]。目前, 对葡萄霜霉病的防治, 仍以化学药剂防治为主。近年来, 国家虽不断引导和鼓励绿色环保型农药的研制, 但在中国农药信息网登记注册防霜霉病的芽孢杆菌制剂仅有 2 个, 分别是广西金燕子农药有限公司 $80\text{ 亿} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的地衣芽孢杆菌和韩国生物株式会社的 $10\text{ 亿} \cdot \text{g}^{-1}$ 枯草芽孢杆菌, 市场急需防效在 60% 以上, 且效果稳定的微生物农药。为研究芽孢杆菌 (*Bacillus* spp.) BCJB01 和 BMJBN02 对葡萄霜霉病的防治效果, 课题组分别在山东济南、烟台两地进行小区防治试验, 旨在明确芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 对不同葡萄品种霜霉病的实际防治效果, 探寻提高芽孢杆菌 BCJB01 和

第一作者简介:王贻莲(1978-), 女, 山东五莲人, 硕士, 副研究员, 现主要从事应用微生物等研究工作。E-mail: yilianwang@163.com.

责任作者:李纪顺(1971-), 男, 山东沂水人, 本科, 高级工程师, 现主要从事应用微生物等研究工作。E-mail: yewu2@sdas.org.

基金项目:山东省重点研发计划资助项目(2015GNC113002, 2016GNC113009); 山东省科学院-枣庄市产业技术研发联合基金资助项目(201503); 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201203035)。

收稿日期:2017-04-11

BMJBN02 菌剂对葡萄霜霉病的防治技术,为芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 制剂的推广应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地为葡萄霜霉病常年发生区,土质沙壤,水肥良好,葡萄株行距 $1.0\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 。济南:2015 年 7—8 月,“泽山一号”葡萄首次用药时间为 7 月 10 日,7 月 24 日末次用药,期间总降雨量为 186.6 mm,日平均气温、最高气温、最低气温变化范围分别为 $22.4 \sim 32.7$ 、 $25.6 \sim 39.6$ 、 $19.0 \sim 26.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。“夏黑”葡萄首次用药时间为 7 月 29 日,8 月 10 日末次用药,期间总降雨量为 162.4 mm,日平均气温、最高气温、最低气温变化范围分别为 $23.0 \sim 31.78$ 、 $26.2 \sim 37.3$ 、 $21.0 \sim 27.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。烟台:2015 年 8 月,“蛇龙珠”葡萄首次用药时间为 8 月 7 日,8 月 22 日末次用药,期间总降雨量为 22.4 mm;日平均气温、最高气温、最低气温变化范围分别为 $23.9 \sim 27.1$ 、 $29.9 \sim 35.4$ 、 $17.3 \sim 23.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。2016 年 7—8 月,“蛇龙珠”葡萄首次用药时间为 7 月 29 日,8 月 14 日末次用药,期间总降雨量为 18.9 mm;日平均气温、最高气温、最低气温变化范围分别为 $26.0 \sim 30.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $28.0 \sim 37.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $22.1 \sim 26.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 试验材料

济南的小区防治试验供试葡萄品种为“泽山一号”和“夏黑”,烟台的小区防治试验供试葡萄品种为“蛇龙珠”。

微生物菌剂均为自制。BCJB01 悬浮剂(SC),有效含菌量 $3 \times 10^9\text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$;BMJBN02 悬浮剂(SC),有效含菌量 $2 \times 10^9\text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$;BCJB01 可湿性粉剂(WP),有效含菌量 $1 \times 10^{10}\text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ 。BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂稀释至 $20\text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$,BCJB01 可湿性粉剂稀释至 $20\text{ 000 mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $6\text{ 667 mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 667 m^2 用药液量 150 L。

化学药剂(对照):80%代森锰锌可湿性粉剂(WP),稀释至有效含量 $1\text{ 000 mg} \cdot \text{L}^{-1}$,瑞士先正达作物保护有限公司;66.5%霜霉威盐酸盐水剂(AS),稀释至有效含量 $665\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,山东中农联合生物科技有限公司;50%烯酰吗啉可湿性

粉剂(WP),稀释至有效含量 $250\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,德国巴斯夫贸易股份有限公司;10%氰霜唑悬浮剂(SC),稀释至有效含量 $50\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,日本石原产业株式会社。

1.3 试验方法

济南葡萄园药剂处理种类与浓度分别为 $20\text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 SC, $20\text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ BMJBN02 SC, $6\text{ 667 mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 WP, $665\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 霜霉威 AS 和 $250\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 烯酰吗啉 WP。烟台葡萄园药剂处理种类与浓度分别为 $20\text{ 000 mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 WP + 0.1% 助剂, $6\text{ 667 mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 WP + 0.1% 助剂, $6\text{ 667 mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 WP, $20\text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 + BMJBN02 SC, $20\text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ BCJB01 SC, $50\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 氰霜唑 SC; $1\text{ 000 mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 代森锰锌 WP。每个处理 3 次重复,每重复选种植 4~5 年的葡萄 8 棵(面积 $12 \sim 15\text{ m}^2$),随机区组排列,用 MATAI Super Green-16 喷雾器喷雾,以清水作对照。药前调查发病基数,连续施药 3 次,间隔 5~7 d,二次药后 5~6 d 和施药结束后 5 d 或分别在施药结束后 3、7 d 进行田间调查。每个小区随机选取 10 个新生枝条,调查全部叶片,分别记载各级病叶数。按病斑占整个叶面积的百分比分级记录。计算病情指数,求出防效。病情调查采用 6 级记载法^[5]、病情指数及防效计算见下列公式。病情指数 = $\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对级数值}) / (\text{调查总叶数} \times 9) \times 100$,药前未发病防效(%) = $(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数} \times 100$,药前已发病防效(%) = $(1 - (CK_0 \times PT_1) / (CK_1 \times PT_0)) \times 100$ 。式中:CK₀ 指空白对照区施药前病情指数,CK₁ 指空白对照区施药后病情指数,PT₀ 指药剂处理区施药前病情指数,PT₁ 指药剂处理区施药后病情指数。

2 结果与分析

2.1 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂及 BCJB01 粉剂对“泽山一号”和“夏黑”葡萄的田间防治效果

由表 1 可知,在葡萄霜霉病发病初期,末次药后连续晴天的情况下, $20\text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂,有效含菌量分别为 $6 \times 10^7\text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $4 \times 10^7\text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$ 对葡萄易感品种“泽山一号”的防治效果分别为 84.05% 和

73.30%，分别高于有效含量为 665 mg · L⁻¹ 霜霉威盐酸盐水剂和 250 mg · L⁻¹ 烯酰吗啉可湿性粉剂的防治效果，差异不显著。在药后连续阴雨天的情况下，6 667 mg · L⁻¹ 芽孢杆菌 BCJB01 粉剂，有效含菌量为 6.7 × 10⁷ cfu · mL⁻¹ 对葡萄易感品种“夏黑”的防治效果为 62.65%，高于

665 mg · L⁻¹ 霜霉威盐酸盐水剂和 250 mg · L⁻¹ 烯酰吗啉可湿性粉剂的防治效果，差异不显著；20 mL · L⁻¹ 芽孢杆菌 BCJB01 悬浮剂，有效含菌量为 6 × 10⁷ cfu · mL⁻¹ 对霜霉病的防效为 58.30%，略高于烯酰吗啉防治效果，差异不显著。

表 1 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂及 BCJB01 粉剂对“泽山一号”和“夏黑”葡萄的田间防效(济南,2015 年)

Table 1 Effect of BCJB01 and BMJBN02 suspension and BCJB01 powder on field control of ‘Zeshan No. 1’ and ‘Summer black’ grapes (Jinan,2015)

处理 Treatment	“泽山一号” ‘Zeshan No. 1’					“夏黑” ‘Summer black’				
	处理前	末次药后 3 d	末次药后 7 d	处理前	末次药后 3 d	末次药后 7 d	处理前	末次药后 3 d	末次药后 7 d	
	Before	Three days after	Seven days after	Before	Three days after	Seven days after	Before	Three days after	Seven days after	
	treatment	the final dose	the final dose	treatment	the final dose	the final dose	treatment	the final dose	the final dose	
	病情指数 Disease index	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%	病情指数 Disease index	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%
20 mL · L ⁻¹ BCJB01 SC	22.11	19.75	79.59a	16.05	84.05a	11.11	16.09	60.07ab	19.02	58.30ab
20 mL · L ⁻¹ BMJBN02 SC	26.67	29.17	75.00a	38.46	73.30b	11.11	16.67	58.63b	21.78	52.24b
6 667 mg · L ⁻¹ BCJB01 WP	—	—	—	—	—	16.58	20.99	65.10a	25.40	62.65a
665 mg · L ⁻¹ 霜霉威 AS	21.67	19.44	79.50a	25.00	78.64ab	23.23	33.33	60.45a	37.37	60.81a
250 mg · L ⁻¹ 烯酰吗啉 WP	15.98	16.11	76.96a	24.22	71.94b	15.98	25.92	55.28b	28.15	57.09ab
对照 CK	14.81	64.81	—	80.00	—	15.08	54.70	—	61.90	—

2.2 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂及 BCJB01 粉剂对烟台“蛇龙珠”葡萄的田间防治效果

2015 年在烟台的试验结果表明(表 2)，20 mL · L⁻¹ 芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂，有效含菌量分别为 6 × 10⁷ cfu · mL⁻¹ 和 4 × 10⁷ cfu · mL⁻¹ 交替使用的防治效果优于其它处理，在二次药后 5 d，对“蛇龙珠”葡萄霜霉病的防治效果为 62.27%，与对照药剂 50 mg · L⁻¹ 氰霜唑的防效接近(68.02%)，而末次药后防治效果下降为 37.60%，原因是末次药后紧接着连续 3 d 降雨。而对照药剂氰霜唑耐雨水冲刷，也具有一定的内吸作用，故降雨对其影响不大。

2016 年在烟台的试验结果表明(表 2)，在二次药后 6 d，喷施 20 000 mg · L⁻¹ 芽孢杆菌 BCJB01 粉剂+0.1%助剂、6 667 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂、20 mL · L⁻¹ BCJB01+BMJBN02 悬浮剂和 20 mL · L⁻¹ BCJB01 悬浮剂对蛇龙珠霜霉病的防治效果分别为 81.31%、61.29%、62.02%和 47.48%。其中，20 000 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂防效 1%水平上显著优于其它菌剂处理；6 667 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂和

20 mL · L⁻¹ BCJB01+BMJBN02 悬浮剂处理间防治效果无显著差异。对照药剂 1 000 mg · L⁻¹ 代森锰锌可湿性粉剂防效为 74.48%，5%水平上显著低于 20 000 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂处理防效，1%水平上显著优于其它菌剂处理。

在末次药后 5 d，20 000 mg · L⁻¹ 芽孢杆菌 BCJB01 粉剂+0.1%助剂、6 667 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂、20 mL · L⁻¹ BCJB01+BMJBN02 悬浮剂和 20 mL · L⁻¹ BCJB01 悬浮剂的防效依次为 80.20%、57.14%、67.39%和 44.68%。20 000 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂防效 1%水平上显著优于其它菌剂处理，20 mL · L⁻¹ BCJB01+BMJBN02 悬浮剂处理防效 1%水平上显著优于 6 667 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂和 20 mL · L⁻¹ BCJB01 悬浮剂 2 个处理；对照药剂 1 000 mg · L⁻¹ 代森锰锌可湿性粉剂防效为 75.10%，1%水平上显著低于 20 000 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂处理防效，1%水平上显著优于微生物菌剂其它 3 组处理。

表2 BCJB01和BMJBN02悬浮剂及BCJB01粉剂对烟台“蛇龙珠”葡萄霜霉病的田间防效
Table 2 BCJB01 and BMJBN02 suspension and BCJB01 powders for the field protection of the Yantai ‘Cabernet Gernischt’

处理 Treatment	2015年				2016年			
	二次药后5 d Five days after the second dose		末次药后5 d Five days after the final dose		二次药后6 d Six days after the second dose		末次药后5 d Five days after the final dose	
	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%
20 000 mg·L ⁻¹ BCJB01 WP +0.1%助剂	—	—	—	—	1.75	81.31aA	2.64	80.20aA
6 667 mg·L ⁻¹ BCJB01 WP+0.1%助剂	—	—	—	—	3.61	61.29cB	5.72	57.14dD
6 667 mg·L ⁻¹ BCJB01 WP	3.92	41.46bB	10.56	20.15cC	—	—	—	—
20 mL·L ⁻¹ BCJB01+BMJBN02 SC	2.53	62.27aA	8.25	37.60bB	3.55	62.02cB	4.35	67.39cC
20 mL·L ⁻¹ BCJB01 SC	4.69	29.86cC	7.86	40.56bB	4.90	47.48dC	7.38	44.68eE
50 mg·L ⁻¹ 氟霜唑 SC	2.14	68.02aA	2.56	80.65aA	—	—	—	—
1 000 mg·L ⁻¹ 代森锰锌 WP	—	—	—	—	2.38	74.48bA	3.30	75.10bB
对照 CK	6.69	—	13.22	—	9.34	—	13.33	—

3 结论与讨论

葡萄霜霉病的防治十分困难,目前常利用大量的化学药剂对其进行防治^[6],近年来,利用芽孢杆菌进行葡萄霜霉病的防治报道逐渐增多,如皮尔瑞俄类芽孢杆菌(*Paenibacillus peoriae*)、多粘类芽孢杆菌(*Paenibacillus polymyxa*)、解淀粉芽孢杆菌(*Bacillus amyloliquefaciens*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium*)和蜡质芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)^[1,6-12]。该研究中的芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 分别是蜡质芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌。因蜡质芽孢杆菌存在安全风险,课题组委托山东欣博药物安全评价研究中心进行了 BCJB01 悬浮剂 SD 大鼠经口给予 GSP1610005 急性毒性试验,结果表明,大鼠灌胃给予 10 g·kg⁻¹ BCJB01 悬浮剂未出现动物死亡,按农药的急性经口毒性分级标准(LD₅₀>5 000 mg·kg⁻¹)为微毒。

该研究中的芽孢杆菌 BCJB01 可降解霜霉病的游动孢子,BMJBN02 可使霜霉病的孢子囊变形。二者对葡萄霜霉病均有防效,但作用机理不同。田间试验结果显示,在葡萄霜霉病发病初期,20 mL·L⁻¹芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 悬浮剂对葡萄易感品种“泽山一号”的防治效果分别为 84.05%和 73.30%,20 mL·L⁻¹芽孢杆菌 BCJB01 和 20 mL·L⁻¹ BMJBN02 悬浮剂交替使用对“蛇龙珠”葡萄霜霉病的防效在 62%以上;在霜霉病进入盛发期后,20 mL·L⁻¹芽孢杆菌 BCJB01 和

BMJBN02 悬浮剂对“夏黑”葡萄霜霉病的防治效果分别为 58.30%和 52.24%,20 mL·L⁻¹芽孢杆菌 BCJB01 悬浮剂对“蛇龙珠”葡萄霜霉病防效在 40%以上,20 mL·L⁻¹ BCJB01 和 20 mL·L⁻¹ BMJBN02 悬浮剂交替使用对“蛇龙珠”葡萄霜霉病的防效为 67.39%。表明芽孢杆菌 BCJB01 和 BMJBN02 对不同葡萄品种的霜霉病防治效果存在差异,可能与气候环境不同有关;在相同葡萄品种“蛇龙珠”上,二者交替使用防治效果较好,连续 2 年的田间防效稳定在 62%以上。

2015 年烟台田间试验结果表明,20 mL·L⁻¹芽孢杆菌 BCJB01 和 20 mL·L⁻¹ BMJBN02 悬浮剂交替使用,在二次药后 5 d,对“蛇龙珠”葡萄霜霉病的防治效果为 62.27%,而末次药后防治效果下降为 37.60%,与对照药剂氟霜唑(耐雨水冲刷)相比较,推测防治效果下降的主要原因可能是菌剂不耐雨水冲刷。因此,在 2016 年的田间试验中,该研究在部分处理中添加了 0.1%助剂。

2016 年田间试验结果表明,在葡萄霜霉病发病初期,20 000 mg·L⁻¹芽孢杆菌 BCJB01 粉剂+0.1%助剂防效达 81.31%,6 667 mg·L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂防效为 61.29%;在霜霉病进入盛发期后,20 000 mg·L⁻¹ BCJB01 粉剂+0.1%助剂防效仍在 80%以上,显著优于其它微生物菌剂处理。表明添加 0.1%助剂有利于提高芽孢杆菌 BCJB01 对霜霉病的防治效果。

在该试验的质量浓度下,芽孢杆菌 BCJB01 粉剂及 BCJB01+BMJBN02 悬浮剂对葡萄生长安全,

对环境和非靶标生物无不良影响。因此,在葡萄霜霉病发病前期或发病较轻时,20 000 mg · L⁻¹芽孢杆菌 BCJB01 粉剂 + 0.1% 助剂、6 667 mg · L⁻¹ BCJB01 粉剂 + 0.1% 助剂和 20 mL · L⁻¹ BCJB01 + BMJBN02 悬浮剂,均可作为防治葡萄霜霉病的交替生物药剂。

参考文献

- [1] 陈浩,胡梁斌,唐春平,等. 枯草芽胞杆菌 B-FS01 对葡萄霜霉病的防治效果[J]. 植物保护,2011,37(6):194-197.
- [2] 李宝燕,王英姿,刘学卿,等. 3 种杀菌剂对葡萄霜霉病菌的毒力测定和田间药效试验[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):98-99.
- [3] 李宝燕,王培松,王英姿. 葡萄霜霉病的生物药剂防治[J]. 农药,2014,53(11):853-855.
- [4] 于晓丽,王培松,栾炳辉,等. 倍创与不同杀菌剂混用对葡萄霜霉病的防治效果评价[J]. 中国果树,2013(3):59-60.
- [5] 农药田间药效实验准则(二) [M]. 北京:中国标准出版社,2004:409-413.
- [6] 田佳,李晓宇,安天赐,等. 皮尔瑞俄类芽孢杆菌防治葡萄霜霉病试验[J]. 中国果树,2016(5):73-76.
- [7] 扈进冬,吴远征,李纪顺,等. 拮抗性多粘类芽孢杆菌 PB-2 及其制剂对葡萄霜霉病的防效测定[J]. 山东科学,2014,27(3):30-33.
- [8] 刘旭,杨晓畅,陶怡,等. 葡萄霜霉病拮抗细菌的筛选、鉴定及发酵条件优化[J]. 果树学报,2015,32(4):681-688.
- [9] 于晓丽,开超,王培松,等. 果树真菌病害拮抗细菌的筛选、鉴定及拮抗机制初探[J]. 果树学报,2016,33(6):734-743.
- [10] 付瑞敏,韩鸿鹏,张丽琴,等. 葡萄霜霉病和白粉病拮抗菌的分离、鉴定和 He-Ne 激光诱变[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):122-125.
- [11] 谢雪迎,王贻莲,扈进冬,等. 葡萄霜霉病拮抗细菌 BM-JBN02 的筛选及其抑菌效果研究[J]. 山东科学,2015,28(3):39-44.
- [12] 王贻莲,谢雪迎,扈进冬,等. 霜霉病高效生防菌株 BCJB01 发酵培养基的优化[J]. 山东科学,2016,29(4):24-30.

Efficacy of *Bacillus* spp. BCJB01 and BMJBN02 on Grape Downy Mildew

WANG Yilian¹, LI Jishun¹, WANG Yingzi², XIN Xiangqi³, LI Baoyan², XIE Xueying¹

(1. Ecology Institute, Shandong Academy of Sciences/Shandong Provincial Key Laboratory of Applied Microbiology, Jinan, Shandong 250014; 2. Yantai Academy of Agricultural Science, Yantai, Shandong 265500; 3. Plant Protection Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250100)

Abstract: Biocontrol strains BCJB01 and BMJBN02 were used as test bacteria, the field efficacy trials of grape downy mildew were studied in Shandong Province, Jinan and Yantai vineyards respectively, to defining the effects of BCJB01 and BMJBN02 on the control of downy mildew of different grape varieties, and exploring the control techniques, provide the theoretical basis for the popularization and application BCJB01 and BMJBN02 preparations. The results showed that the control effects of 20 mL · L⁻¹ BCJB01 bacillus and BMJBN02 suspending agent on ‘Zeshan No. 1’ were 84.05% and 73.30% respectively at the beginning of the grape downy mildew. The control effects of 20 mL · L⁻¹ BCJB01 bacillus and BMJBN02 suspending agent on ‘Cabernet Gernischt’ was above 62% when they could be used in alternation. The control effects of 20 000 mg · L⁻¹ BCJB01 soluble powder and 0.1% assistant on ‘Cabernet Gernischt’ was 81.31% while 6 667 mg · L⁻¹ BCJB01 soluble powder and 0.1% assistant reduced disease severity to 61.29%. In the full incidence period of downy mildew, the control effects of 20 000 mg · L⁻¹ BCJB01 soluble powder and 0.1% assistant on ‘Cabernet Gernischt’ was 81.31%. It was effective on controlling ‘Summer black’ grape downy mildew by using 6 667 mg · L⁻¹ BCJB01 soluble powder (62.65%). The results showed that alternate using BCJB01 and BMJBN02 SC or using BCJB01 WP added 0.1% additives, all had good control effects on grape downy mildew, and they were good alternative fungicides to grape downy mildew.

Keywords: *Bacillus* spp.; grape downy mildew; field efficacy