

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)01-0045-08

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.01.006

两种生防新药剂对马铃薯晚疫病防效及产量的影响

石文慧¹, 王芳², 吴永斌^{1*}

(1. 庄浪县农业技术推广中心, 甘肃 平凉 744600; 2. 定西市农产品安全监测检测站, 甘肃 定西 743000)

摘要: 致病疫霉(*Phytophthora infestans*)是引起马铃薯晚疫病的病原真菌, 化学防治药剂质量良莠不齐, 急需新型生防药剂进行防治。因此, 以甘肃省马铃薯晚疫病高发区定西市为试点, 引进2种新型生防药剂与3种常规化学药剂, 开展室内抑菌和田间防效对比试验, 探究新型生防药剂对马铃薯晚疫病防效和产量的影响。生防药剂105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP室内抑菌效果可达96.7%, 田间防效76.5%, 较对照处理可增产7.70%; 化学药剂68%精甲霜·锰锌WP室内抑菌效果可达98.3%, 田间防效73.1%, 较对照处理可增产7.51%。二者除田间平均防效外, 无显著差异。这两种药剂处理下各指标均显著优于生防药剂10亿CFU/g海洋芽孢杆菌WP, 化学药剂32.5%苯甲·嘧菌酯SC和50%精甲·丙森锌WP处理。综上, 新型生防药剂105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP可以作为定西市马铃薯晚疫病防治药剂。

关键词: 马铃薯; 晚疫病; 生防药剂; 室内抑菌; 田间防治

Effects of Two New Biocontrol Agents on Late Blight Control and Yield of Potato

SHI Wenhui¹, WANG Fang², WU Yongbin^{1*}

(1. Zhuanglang Agricultural Technology Extension Center, Pingliang, Gansu 744600, China;

2. Dingxi Agricultural Product Safety Monitoring and Testing Station, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: *Phytophthora infestans* is the pathogenic fungus causing potato late blight. The quality of chemical control agents is uneven and new biological control agents are urgently required. Therefore, in this study, Dingxi City, Gansu Province, where potato late blight incidence is high, was selected as the test place, and two new biocontrol agents and three conventional chemical agents were introduced to carry out a comparison test of indoor bacteriological inhibition and field control efficiency, to explore the effects of new biocontrol agents on potato late blight control efficiency and yield. Biocontrol agent, 10.5 billion CFU/g Polymyxa · Subtilis WP, had a bacteriostatic effect of 96.7% indoors and 76.5% in the field and increased the yield by 7.70% compared with the control treatment. The bacteriostatic effect of 68% Mefenoxam · Mancozeb WP in the laboratory conditions was 98.3%, in the field 73.1%, and the yield was 7.51% higher than that of the control treatment. There was no significant difference between the two treatments except for control effect in the field. The indexes of the two treatments were significantly better than that of the biocontrol agent 1 billion CFU/g *Bacillus marinus* WP, and chemical treatments of 32.5% Benzoyl · Azoxystrobin SC and 50% Metalaxyl ·

收稿日期: 2022-08-26

基金项目: 2021年基层农技推广体系改革与建设项目(GSCYH210816-JCNJTGE)。

作者简介: 石文慧(1989-), 女, 硕士, 农艺师, 从事农技推广工作。

*通信作者(Corresponding author): 吴永斌, 研究员, 主要从事农技推广工作, E-mail: 421833876@qq.com。

Propineb WP. In conclusion, the new biocontrol agent of 10.5 billion CFU/g Polymyx A · Subtilis WP could be used as the control agent to control potato late blight in Dingxi City.

Key Words: potato; late blight; biological control agent; laboratory bacteriostasis; field control

马铃薯作为甘肃省定西市主要的经济特色支柱产业, 目前初步培育形成了“精淀粉-变性淀粉-全粉-主食-休闲食品”马铃薯精深加工产业链, 常规销售及“互联网+”的销售模式, 已经成为带动定西市农业农村经济发展, 促进农民增收, 农业增效的主导型产业, 其种植面积、产量常年位居全省第一。晚疫病的发生与流行是病菌、气温、雨日、雨量、相对湿度以及品种抗性的综合作用^[1], 对定西市马铃薯产业的发展形成了巨大的掣肘。2015年, 定西市马铃薯晚疫病大面积发生流行, 造成减产约2万t, 直接经济损失高约800万元^[2]。因此, 马铃薯晚疫病的防治依然是一项长期性的工作。目前, 市场上常用的且药效较好的化学药剂主要有甲霜灵·锰锌、氟菌·霜霉威、锰锌·氟吗啉、丁子香酚等。但是, 这些药剂防效良莠不齐, 普遍存在盲目施药, 滥施杀菌剂等问题^[3], 长年累月对马铃薯生产造成极严重的减产等问题。随着人们对食品安全性的要求越来越高, 用生防菌剂防治植物病害等绿色防控手段越来越受到业界的关注。已报道的生防菌剂枯草芽孢杆菌能够有效控制设施番茄枯萎病、青枯病、根腐病, 防治效果得到当地农户的一致认可^[4,5]。Sarwar等^[6]发现链霉菌(*Streptomyces violaceusniger*) AC12AB能够减轻马铃薯赤霉病的发生, 还可以通过产生IAA、溶解磷酸盐、固氮等促进马铃薯生长发育。王鹏程等^[7]在研究不同生防菌剂组合对马铃薯疮痂病的防治效果, 发现枯草芽孢杆菌ZD 13-5、地衣芽孢杆菌SD 24-3和解淀粉芽孢杆菌ZD 21-4不但有较好的防治效果, 同时也能促进植株生长、提高产量。105亿CFU/g多粘菌·枯草菌可湿性粉剂作为国内首个双菌登记的新药剂(PD20200380), 在烟草赤星病(*Alternaria alternata*)发病初期施药, 有较好的防效。目前, 仅施乾芮等^[8]研究发现新型混配生防菌剂105亿CFU/g多粘菌·枯草菌可湿性粉剂对马铃薯晚疫病病菌抑制作用

明显, 田间防治效果可达80%以上, 再未见有大田大面积马铃薯上应用生防药剂进行晚疫病防治的报道。因此, 本文旨在引进新的生防药剂与常规化学药剂进行室内抑菌试验及田间防效对比试验, 检验两种生防药剂对马铃薯晚疫病的防治效果及对产量的影响, 对定西市马铃薯产业的发展具有指导性的意义。

1 材料与方法

1.1 实验室抑菌性检验

1.1.1 供试菌株、药剂及培养基

供试菌株: 马铃薯晚疫病病菌(*Phytophthora infestans*), 由定西市农业科学研究院提供, 保存备用。

供试药剂: 共5种。生防药剂: (1)105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP, (2)10亿CFU/g海洋芽孢杆菌WP; 常规药剂: (3)32.5%苯甲·嘧菌酯SC, (4)50%精甲·丙森锌WP, (5)68%精甲霜·锰锌WP。

供试培养基: 黑麦琼脂蔗糖培养基(Rye sucrose agar, RSA)。黑麦60g、蔗糖20g、琼脂粉12g(固体培养基加, 液体不加)、蒸馏水1000mL。

1.1.2 试验方法

(1)培养基的制备

菌落活化培养基: 将RSA固体培养基加热融化后均匀分装至3个培养皿中, 待冷却, 将保存的马铃薯晚疫病病菌采用划“Z”接种到RSA, 置于25℃, 8h光照, 16h黑暗的恒温培养箱进行活化, 待长出菌落后, 4℃黑暗保存备用。

5种抑菌培养基: 在灭菌后编号为I~V的5瓶RSA固体培养基(75mL/瓶)中加入对应序号的供试药剂100μL, VI作为对照加入100μL灭茵水, 每瓶RSA均匀分装于3个培养皿(25mL/瓶), 做好标记, 冷却后保存备用。

(2)供试药剂对马铃薯晚疫病病菌的抑菌检测

外植体的制备: 参照马淑珍等^[9]的方法。选择

健康整薯播种,待芽长至4~5 cm时,剪取1~2 cm的壮芽,无菌水冲洗2~3次;0.1% HgCl₂浸泡12 min,无菌水冲洗3~5次,在解剖镜下进行剥离乃至露出圆滑生长点,切取带1~2个叶原基的茎尖,接于MS + 0.5 mg/L 6-BA培养基上,25℃,光照16 h/d,8 h/d黑暗培养;30 d后,待茎尖转绿,接入MS培养基,待茎尖长成小苗,均匀切取小苗茎段0.6 cm左右,再次转至MS + 1.0 mg/L 6-BA的培养基,置于25℃,光照16 h/d,8 h/d黑暗培养。

工程菌的制备:挑取菌落活化培养基上的单菌落,接种于20 mL含50 mg/L卡那霉素(Kan) + 50 mg/L利福平(Rifampicin, Rif)的RSA液体培养基中,置于摇床上28℃下200~210 r/min培养过夜(16 h左右),使菌体达到对数期($OD_{600\text{ nm}} = 0.6\sim 0.8$);取400 μ L菌液转接入20 mL无抗生素的RSA液体培养基中,继续培养4 h;将菌液倒入无菌带盖的50 mL离心管内,盖上管盖,用封口膜封口,4 000 r/min离心5 min。取出离心管,在超净工作台上弃去上清液,向离心管内加适量MS液体培养基,悬浮起菌体,28℃下210 r/min离心,使其吸光度达到0.4~0.6,即可用作接种外植体的工程菌液。

外植体的晚疫病菌侵染:将培养2~3 d的茎段置于无菌的小培养皿中,向皿中倒入制备好的含马铃薯晚疫病菌的工程菌液,中间轻缓晃动数次,3~5 min后倒掉菌液,然后将茎段投入无菌水中清洗3遍,置于无菌滤纸上,吸干茎段表面液滴,随即转移到RSA固体培养基上,25℃下黑暗培养2 d。

5种供试药剂的抑菌性鉴定:将侵染后的茎段转接至5种抑菌培养基,每个培养皿接20个,各处理3次重复,于植物培养箱中,28℃、16 h光照,8 h黑暗,培养3 d后连续观察抑菌情况。抑菌完全的标准为外植体在与培养基接触的部位未出现晚疫病菌菌落。

抑菌率(%) = 未滋生晚疫病菌的外植体数/晚疫病菌侵染后的总外植体数 $\times 100$

1.2 大田试验

1.2.1 试验材料

供试马铃薯品种为‘青薯9号’,原原种,整

薯(40 g左右)播种。

1.2.2 试验方法

试验采用随机区组设计,共设6个处理,3次重复,共18个小区,每小区面积19.8 m²(3.3 m $\times$ 6 m),每小区约77株。在马铃薯晚疫病始发期(中心病株始见期2022年6月8日)进行第一次喷药,调查时间为2022年6月15日;第二次喷药时间为2022年6月18日,调查时间为2022年6月25日。

1.2.3 试验地要求及调查方法

试验地设在定西市通渭县常家河镇老湾村,海拔1 563 m,地块平整,肥力均匀,采用全膜双垄沟播栽培,行距70 cm,株距30 cm,垄面中间开10 cm的沟,重复间走道50 cm。

田间调查:每小区随机3点取样,每点选5株,分别记录施药前1 d(2022年6月7日)及2次施药后每次的第7 d(2022年6月15日,2022年6月25日)病情指数,调查全部叶片,记录病叶发病指数。

马铃薯晚疫病分级标准(参照GB/T 17980.34—2000)^[10]。

0级:无病斑;

1级:病斑面积占整个叶片面积的5%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%~25%;

7级:病斑面积占整个叶片面积的26%~50%;

9级:病斑面积占整个叶片面积的51%以上。

1.2.4 药效计算方法

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

防效(%) = $(\text{CK病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{CK病情指数} \times 100$

1.2.5 测产与收获

采用张立功和马淑珍^[11]的方法。试验收获前(2022年10月1日),每小区按3点取样法,每点取5株调查株高、结薯数量和块茎鲜重,块茎大小按大薯(>150 g),中薯(75~150 g),小薯(<75 g)标准统计。成熟后按小区单独收获(2022年10月9日)计鲜重,计算产量。

1.3 数据处理

试验数据采用 Excel 2003 和 DPS 7.05 进行处理, 对不同药剂处理下马铃薯的室内抑菌率、马铃薯的产量进行方差分析, 用最小显著差数 (Least significant difference, LSD) 法进行处理平均数多重比较。

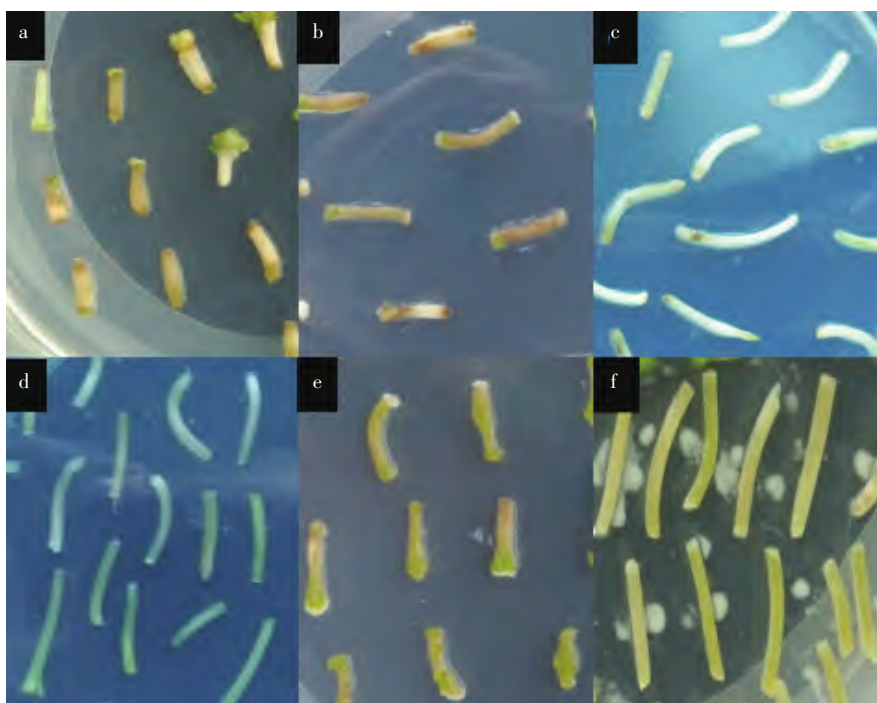
2 结果与分析

2.1 抑菌效果试验

平板培养一周后发现, 105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP、50% 精甲·丙森锌 WP 和 68% 精甲霜·锰锌 WP 3 种供试药剂处理下平板中均未出现菌斑, 而且外植体生长良好并开始分化产生愈伤组织, 说明这 3 种药剂均可以有效抑制马铃薯晚疫病菌。10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌 WP 和 32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC 两种药剂处理下, 外植体周围出现水渍状的病菌且

外植体分别出现褐化及白化现象, 未有愈伤形成; 对照平板中每个外植体周围出现严重菌斑(图 1)。

统计 5 种供试药剂处理下平板中菌落形成情况, 发现各处理对马铃薯晚疫病菌的抑菌效果与对照差异显著, 说明各供试药剂均具有抑菌性。两种生防药剂 105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP 和 10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌 WP 与化学药剂 32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC 抑菌效果差异显著, 生防药剂 105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP 与化学药剂 50% 精甲·丙森锌 WP、68% 精甲霜·锰锌 WP 抑菌效果差异不显著, 抑菌率从高到低依次为 68% 精甲霜·锰锌 WP (98.3%) > 105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP (96.7%) > 50% 精甲·丙森锌 WP (91.7%), 抑菌率均达到 90% 以上, 可以很好地抑制马铃薯晚疫病菌。10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌 WP 抑菌效果优于 32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC, 抑菌率分别达到 65.0%, 53.3% (图 2)。

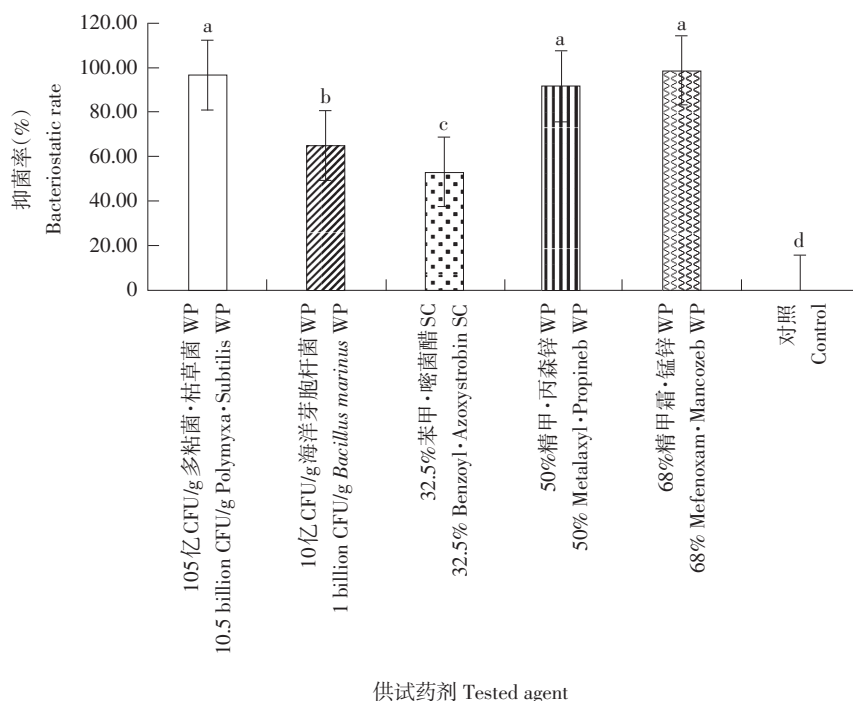


注: a. 105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP, b. 10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌 WP, c. 32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC, d. 50% 精甲·丙森锌 WP, e. 68% 精甲霜·锰锌 WP, f. 对照。

Note: a. 10.5 billion CFU/g Polymyxin·Subtilis WP, b. 1 billion CFU/g *Bacillus marinus* WP, c. 32.5% Benzoyl·Azoxystrobin SC, d. 50% Metalaxyl·Propineb WP, e. 68% Mefenoxam·Mancozeb WP, and f. Control.

图 1 不同药剂处理对马铃薯晚疫病菌的室内抑菌效果对比

Figure 1 Comparison of indoor bacteriostatic effects of different agent treatments on potato late blight



注：误差线代表标准误。不同小写字母表示 0.05 水平差异显著，最小显著差数 (Least significant difference, LSD) 法。下同。

Note: Error bar represents standard error. Treatment with different lowercase letters indicate significant differences at 0.05 level as tested using least significant difference (LSD) method. The same below.

图2 5种供试药剂对马铃薯晚疫病的抑菌率
Figure 2 Bacteriostatic rate of five tested agents against potato late blight

2.2 田间防效试验

田间发病情况及防治效果见表1。第1次施药7 d后, 5种药剂对马铃薯晚疫病均有防效, 其中105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP 处理防效最高, 为68.0%, 再次为68%精甲霜·锰锌 WP 处理, 防效为66.4%, 50%精甲·丙森锌 WP 处理, 防效为65.0%, 10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌 WP 处理, 防效为51.0%, 32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC 处理, 防效为49.2%。105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP 处理与68%精甲霜·锰锌 WP 处理之间防效差异不显著, 与其余3种药剂处理差异显著, 10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌 WP 的防效优于32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC 处理, 但二者之间防效无显著差异。

第2次施药7 d后, 105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP 处理防效高达85.0%, 再次为68%精甲霜·锰锌 WP 处理, 防效为79.9%, 50%精甲·丙森锌 WP 处理, 防效为74.6%, 10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆

菌 WP 处理, 防效为63.6%, 32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC 处理, 防效为59.9%。105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP 防效显著优于其余4种药剂, 10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌 WP 的防效显著优于32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC 处理。

经过2次田间喷施, 综合各药剂平均防效, 依次为105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP (76.5%) > 68% 精甲霜·锰锌 WP (73.1%) > 50% 精甲·丙森锌 WP (69.8%) > 10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌 WP (57.3%) > 32.5% 苯甲·嘧菌酯 SC (54.5%)。

2.3 不同药剂处理对马铃薯经济性状的影响

5种药剂处理对马铃薯株高及茎粗的影响较小, 但对马铃薯大中薯数、大中薯重影响显著 (表2)。化学药剂68%精甲霜·锰锌 WP 处理下, 马铃薯大中薯数及大中薯重均最优, 其次为生防药剂105 亿 CFU/g 多粘菌·枯草菌 WP, 二者差异不显著, 但显著高于对照。大中薯数占比分别较对照高

8.10和5.58个百分点，大薯重占比分别较对照高3.05和1.74个百分点。生防药剂10亿CFU/g海洋芽孢杆菌WP与化学药剂32.5%苯甲·嘧菌酯SC、50%精甲·丙森锌WP对马铃薯大薯数的影响差异不显著，但显著高于对照，占比分别较对

照高5.09、4.35和4.31个百分点，但生防药剂10亿CFU/g海洋芽孢杆菌WP的大薯重与32.5%苯甲·嘧菌酯SC、50%精甲·丙森锌WP及对照差异显著，3个药剂占比分别较对照高2.12、0.62和1.31个百分点。

表1 不同药剂处理后马铃薯晚疫病发病情况及防治效果
Table 1 Incidence and control effect of potato late blight treated with different tested agents

供试药剂 Tested agent	制剂用量 (g/667m ²) Preparation dosage	药前 Before applying agent	第1次调查 The first survey		第2次调查 The second survey		平均防效 (%) Average 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	
105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP 10.5 billion CFU/g Polymyxa·Subtilis WP	100	5.40	4.44	68.0 a	3.33	85.0 a	76.5 a
10亿CFU/g海洋芽孢杆菌WP 1 billion CFU/g <i>Bacillus marinus</i> WP	80	4.44	6.81	51.0 c	8.08	63.6 d	57.3 d
32.5%苯甲·嘧菌酯SC 32.5% Benzoyl·Azoxystrobin SC	60	4.42	7.06	49.2 c	8.92	59.9 e	54.5 e
50%精甲·丙森锌WP 50% Metalaxyl·Propineb WP	100	4.86	4.86	65.0 b	5.64	74.6 c	69.8 c
68%精甲霜·锰锌WP 68% Mefenoxam·Mancozeb WP	100	5.28	4.67	66.4 ab	4.47	79.9 b	73.1 b
清水(CK) Water	100	5.00	13.89	—	22.22	—	

注：同列数值后具有不同小写字母表示差异在0.05水平显著，采用LSD法。下同。
Note: Values in the same column with different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level as tested using least significant difference (LSD) method. The same below.

生防药剂105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP处理下，马铃薯产量2 224 kg/667m²，较对照增产7.70%，增产效果最好；其次为化学药剂68%精甲霜·锰锌WP处理及50%精甲·丙森锌WP处理，马铃薯产量分别达到2 220和2 206 kg/667m²，分别较对照增产7.51%、6.83%。生防药剂10亿CFU/g海洋芽孢杆菌WP处理下，马铃薯产量2 111 kg/667m²，与32.5%苯甲·嘧菌酯SC及对照间差异不显著，位次第4(图3)。

3 讨 论

本试验结果表明，生防药剂105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP与化学药剂68%精甲霜·锰锌WP处理对马铃薯晚疫病病菌的室内抑菌效果及产量均无显著差异，晚疫病田间平均防效差异显著，但二者处理下各指标均显著优于生防药剂10亿CFU/g

海洋芽孢杆菌WP，化学药剂32.5%苯甲·嘧菌酯SC和50%精甲·丙森锌WP处理。生防药剂10亿CFU/g海洋芽孢杆菌WP的室内抑菌性较弱，田间防效较差，产量仅比对照增产2.23%。综上，新型生防药剂105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP可以作为定西市马铃薯晚疫病防治药剂。随着时间推移，多粘菌·枯草菌可湿性粉剂在经济和粮食作物中开始广泛应用。魏鸿刚和李淑兰^[12]研究发现，在马铃薯育苗前，用0.1亿CFU/g多粘类芽孢杆菌可湿性粉剂100倍液浸种30 min，再播种，或在定植移栽时，用105亿CFU/g多粘菌·枯草菌可湿性粉剂50倍液蘸根，再定植，能有效抑制其他病菌的繁殖和侵入。盐源县农业农村局2022年马铃薯晚疫病发生趋势预报及防治意见中指出^[13]，当发现田间马铃薯产生中心病株时，100 g/667m²的105亿CFU/g多粘菌·枯草菌可湿性

表 2 不同供试药剂处理下马铃薯的经济性状
Table 2 Economic characters of potato treated with different tested agents

供试药剂 Tested agent	株高 (cm)	茎粗 (cm)	结薯数量(个/5株)				块茎重量(kg/5株)				
			Tuber number (No./five plants)				Tuber weight (kg/five plants)				
			大薯 (No.)	中薯 (No.)	小薯 (No.)	大中薯数 占比(%)	大薯 (kg)	中薯 (kg)	小薯 (kg)	大中薯重(kg)	大中薯重占比(%)
	Plant height	Stem diameter	Large tuber	Medium tuber	Small tuber	Large and medium tuber number percentage	Large tuber	Medium tuber	Small tuber	Large and medium tuber weight	Large and medium tuber weight percentage
105 亿CFU/g多粘菌·枯草菌 WP 10.5 billion CFU/g Polymyxa·Subtilis WP	106	1.84	22	11	10	33 ab	4.01	0.79	0.21	4.80 a	95.87
10 亿CFU/g海洋芽孢杆菌 WP 1 billion CFU/g Bacillus marinus WP	106	1.64	20	8	8	28 b	3.46	0.82	0.17	4.28 b	96.25
32.5%苯甲·啞菌酯 SC 32.5% Benzoyl· Azoxystrobin SC	103	1.70	18	10	9	28 b	3.31	0.42	0.21	3.73 c	94.75
50%精甲·丙森锌 WP 50% Metalaxyl· Propineb WP	109	1.90	18	11	9	29 b	3.13	0.36	0.17	3.49 c	95.44
68%精甲霜·锰锌 WP 68% Mefenoxam· Mancozeb WP	108	2.00	22	15	9	37 a	4.32	0.74	0.15	5.06 a	97.18
清水(CK) Water	105	1.70	16	4	8	20 c	3.06	0.36	0.21	3.42 c	94.13

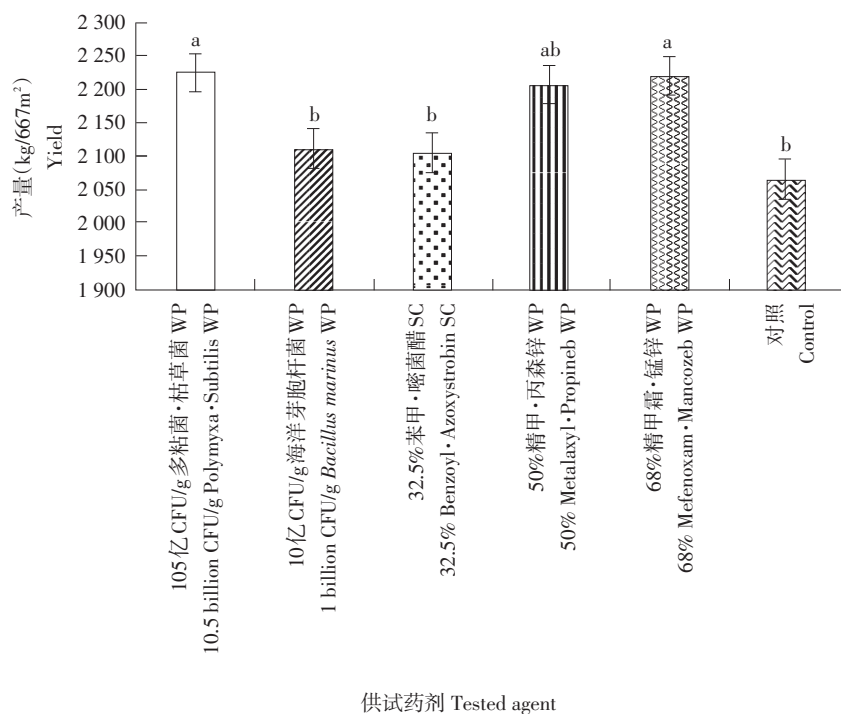


图3 不同药剂处理下马铃薯产量

Figure 3 Yield of potato treated with different tested agents

粉剂在大田统防统治中也起到显著的成效。本试验中105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP室内抑菌效果弱于68%精甲霜·锰锌WP, 但差异不显著。

【参考文献】

- [1] 赵彤. 甘肃省中部地区马铃薯晚疫病发生规律及防治措施研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2017.
- [2] 赵小龙. 定西市脱毒马铃薯病毒携带情况及趋势分析[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(4): 228-232.
- [3] 孙秀梅, 白雅梅, 金光辉. 黑龙江省马铃薯晚疫病防治中存在的问题及对策[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(5): 304-305.
- [4] 陈志谊, 刘卮洲, 乔俊卿, 等. 利用芽孢杆菌生防菌防控土传病害引起的设施蔬菜连作障碍[J]. 中国蔬菜, 2012(15): 29-30.
- [5] 王文桥, 马平, 张小风, 等. 生物源杀菌剂与化学药剂协调防控番茄病害[J]. 植物保护学报, 2011, 38(1): 75-80.
- [6] Sarwar A, Latif Z, Zhang S, et al. A potential biocontrol agent *Streptomyces violaceusniger* AC12AB for managing potato common scab[J]. Frontiers in Microbiology, 2019, 10: 202.
- [7] 王鹏程, 金光辉, 张春雨, 等. 不同生防菌剂组合及施用方式对马铃薯疮痂病的防治效果及促生作用[J]. 西南农业学报, 2022, 35(4): 797-803.
- [8] 施乾苒, 刘倩雯, 陈友华, 等. 新农药105亿CFU/g多粘菌·枯草菌WP对马铃薯晚疫病防治效果[J]. 农药, 2022, 61(4): 292-294.
- [9] 马淑珍, 柳学勤, 谢文斌, 等. 马铃薯脱毒瓶苗快繁技术[J]. 中国马铃薯, 2008, 22(3): 175-177.
- [10] 国家质量技术监督局. GB/T 17980.34—2000 农药田间药效试验准则(一) 杀菌剂防治马铃薯晚疫病[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [11] 张立功, 马淑珍. 黄土丘陵区(庄浪)旱作马铃薯全膜覆盖关键技术集成研究[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(5): 84-92.
- [12] 魏鸿刚, 李淑兰. 防治作物青枯病和枯萎病的微生物农药—0.1亿cfu/g多粘类芽孢杆菌细粒剂[J]. 世界农药, 2008(1): 51-52.
- [13] 盐源县农业农村局. 2022年盐源县马铃薯晚疫病发生趋势预报及防治意见[EB/OL]. [2022-06-21]. <https://new.qq.com/rain/a/20220621A0A30L00>.