

田 赐,马树杰,张利辉,等.黏质沙雷氏菌 Ha1 菌株复合菌剂除草效果评价[J].江苏农业科学,2022,50(22):119-124.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.22.017

黏质沙雷氏菌 Ha1 菌株复合菌剂除草效果评价

田 赐,马树杰,张利辉,董金皋

(华北作物改良与调控国家重点实验室/河北农业大学植物保护学院,河北保定 071001)

摘要:明确黏质沙雷氏菌(*Serratia marcescens*) Ha1 菌株在玉米田的应用前景,为除草剂减量和杂草绿色防控提供科学依据。对 Ha1 菌株与死谷芽孢杆菌(*Bacillus vallismortis*) 07-1 菌株进行复合菌剂的制作,按照国家标准规定对颗粒剂的生物特性指标进行检测,并分别采用平皿法和茎叶喷雾法评价 Ha1 复合菌剂对杂草的室内抑制作用及在田间条件下对化学除草剂的减量效果。结果表明,Ha1 菌株复合菌剂生物特性检测结果符合国家标准。田间试验结果表明,Ha1 菌株复合菌剂与化学除草剂 40% 乙·莠悬乳剂减量 30% 复配进行苗前处理 28 d 后对杂草的株数防效和鲜质量防效分别为 80.65% 和 98.02%,处理区玉米产量较对照区提高了 6.70%。Ha1 复合菌剂与 26% 烟·莠可分散油悬浮剂减量 30% 复配苗后处理 14 d 对杂草鲜质量防效为 98.62%,28 d 后的株数防效与鲜质量防效分别为 85.16% 和 99.59%,玉米产量较对照区提高了 17.93%。说明 Ha1 菌株复合菌剂与苗后除草剂 26% 烟·莠可分散油悬浮剂减量 30% 复配效果最好,增产作用明显。

关键词:Ha1 菌株;除草剂减量;玉米田杂草;复合菌剂

中图分类号:S482.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)22-0119-06

玉米(*Zea mays*)是全球产量最大、用途最广的作物,然而田间杂草的存在会引起玉米田产量降低,经济效益下降^[1-3]。化学除草剂虽快速防除了杂草,解决了其对玉米田间的危害,但随着单一品种的大量使用,一系列的问题也随之产生,例如抗性提高,水质、土壤的污染,人畜中毒等^[4-6]。在农业生产中,通常利用除草剂与增效助剂复配和研发天然源除草剂等措施来减少化学除草剂在田间产生的负面作用。其中,如何有效地将除草剂减量使用并达到增效作用是实现玉米田杂草绿色防控和安全生产的主要研究方向^[7-8]。

微生物农药因对人类和环境安全、不易产生抗性以及可改造性强等优点,在有害生物防治中具有良好发展潜力^[9]。微生物农药虽有众多优点,但也存在防治效果慢、防治范围窄、稳定性较差等缺点^[10-11]。为了扩大微生物的杀草谱,可以将 2 种或 2 种以上具有抑制杂草活性的菌株混合在一起,进

行复合菌剂的制作,针对性解决微生物农药防治范围窄、对环境的适应性差等问题。研究发现,塔宾曲霉属菌株 Z-5 和黑曲霉属菌株 Z-6 复配后,对马唐、苘麻、鹅头稗和马齿苋达到 80% 的防除效果^[12]。还可以将微生物除草剂与化学除草剂进行复配研究,如不同浓度精吡氟禾草灵和阿特拉津与菌株分生孢子混配的防效明显高于单独使用时对马唐杂草的防除效果^[13]。

黏质沙雷氏菌(*Serratia marcescens*)属于肠杆菌科,具有很高的生物活性,其活体菌株对鳞翅目害虫甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)和半翅目害虫褐飞虱(*Nilaparvata lugens* Stal)具有一定毒力作用,并已被列为黄胫小车蝗(*Oedaleus infernalis*)的生防菌,黄胫小车蝗感染黏质沙雷氏菌 4 d 后的死亡率达 87%^[14-16]。黏质沙雷氏菌还具有较高的除草活性,其粗提物对马唐和莱茵衣藻具有较强的抑制活性,活体菌剂与化学除草剂复配对马唐的抑制率达 63.12%^[17-18];此外,黏质沙雷氏菌代谢产物灵菌红素可以抑制多种细菌及真菌,如铜绿假单胞菌、小双胞腔菌等,有望被开发作为新型杀菌剂^[19]。综合多方面农用活性来看,黏质沙雷氏菌具有良好的应用前景。本研究利用黏质沙雷氏菌 Ha1 菌株与死谷芽孢杆菌(*Bacillus vallismortis*) 07-1 菌株进行复合菌剂制作,按照国家标准规定对复合菌剂检测后

收稿日期:2022-01-06

基金项目:河北省重点研发计划(编号:19226504D)。

作者简介:田 赐(1997—),女,河北张家口人,硕士研究生,从事天然源农药及有害生物综合防治研究。E-mail:1690353945@qq.com。

通信作者:张利辉,博士,教授,博士生导师,从事天然源农药及有害生物综合防治研究。E-mail:zhanglihui@hebau.edu.cn。

将其与玉米田化学除草剂减量复配使用,结合 2 种菌株复合发酵液以及化学除草剂复配的田间试验效果,筛选出最优的复配措施,以期对玉米田除草剂的减量增产提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试杂草 主要试验杂草有反枝苋 (*Amaranthus retroflexus*)、稗 (*Echinochloa crusgalli*)。

1.1.2 供试菌株 主要菌株有黏质沙雷氏菌 (*S. marcescens*) Ha1 菌株、死谷芽孢杆菌 (*B. vallismortis*)07-1 菌株。

1.1.3 供试药剂 主要试剂有蛋白胨、琼脂、酵母粉、蔗糖(北京索莱宝科技有限公司)、高岭土、粗面粉、50%莠去津悬浮剂(山东滨农科技有限公司)、10%烟嘧磺隆可分散油悬浮剂(山东奥坤作物科学股份有限公司)、40%乙·莠悬乳剂(乙草胺 21.1%,莠去津 18.9%)(济南天邦化工有限公司)、26%烟·莠可分散油悬浮剂(烟嘧磺隆 4%,莠去津 22%)(德州祥龙生化有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 Ha1 菌株复合菌剂制作 Ha1 菌株和 07-1 菌株最适稀释梯度的筛选(以 Ha1 菌株为例):Ha1 菌株在摇床(20 ℃,200 r/min)培养 24 h 后取出,吸取 100 μL 菌悬液加入到 900 μL 无菌水中,摇匀,即为 10⁻¹菌悬液;从 10⁻¹菌悬液中吸取 100 μL 加入到 900 μL 的无菌水中,为 10⁻²菌悬液,以此类推,直至稀释到 10⁻¹⁰。从 10⁻⁶、10⁻⁷、10⁻⁸、10⁻⁹、10⁻¹⁰ 菌悬液中分别吸取 100 μL 菌悬液进行涂板,培养 48 h 后查看菌株生长情况,能数出单菌落时的稀释倍数为最适倍数,每个处理重复 3 次。筛选结果显示,Ha1 菌株最佳稀释梯度为 10⁻⁸,07-1 菌株最佳稀释梯度为 10⁻⁷。

选用高岭土和粗面粉为颗粒剂的载体,两者的体积比为 2:1,稀释好的 Ha1 菌株与 07-1 菌株加入适量的高岭土与粗面粉混合物,于造粒机中造粒,颗粒置于通风良好处风干,备用。

配制好的 Ha1 菌株与 07-1 菌株复合颗粒剂根据 GB 20287—2006《农用微生物菌剂》测定颗粒剂有效活菌数及杂菌数、水分含量和 pH 值^[18,20]。

1.2.2 Ha1 菌株复合菌剂除草活性及安全性测定 苗前处理:将蛭石:营养土:草木灰按体积比 2:1:1 混合,装入长宽高为 7 cm×7 cm×10 cm 的

塑料花盆,将其放入 45 cm×30 cm 的周转箱中自然吸水,塑料花盆中土壤完全湿润后,挑选饱满露白一致的杂草种子均匀播种于花盆中,表层覆盖 0.3~0.5 cm 的营养介质,然后分别撒入 7.74×10⁹、15.48×10⁹、3.09×10¹⁰、6.19×10¹⁰、12.38×10¹⁰ CFU/g 的 Ha1 菌株与 07-1 菌株复合菌剂,同时设置阳性对照莠去津(田间推荐剂量为 0.45 mL/m²)和空白对照,每个处理 4 次重复。置温室(温度 28 ℃,湿度 40%,光照 12 h)进行培养,7 d 后测定杂草地上部鲜质量,计算抑制率。鲜质量抑制率=(对照组杂草鲜质量-处理组残存杂草鲜质量)/对照组杂草鲜质量×100%。

苗后处理:待杂草长至 3~4 叶期,将颗粒剂均匀撒到土层表面,使用剂量及处理同苗前处理,设置阳性对照烟嘧磺隆(田间推荐剂量为 0.06 mL/m²)及空白对照,每个处理 4 次重复,7 d 后测定杂草地上部鲜质量,并计算抑制率。

Ha1 菌株与 07-1 菌株颗粒剂对玉米的安全性测定:在每个塑料花盆中种植 5 棵露白的玉米种子,将 Ha1 菌株复合菌剂 3.09×10¹⁰ CFU/m² 均匀撒在土壤表面,温室(温度 28 ℃,湿度 40%,光照 12 h)生长 7 d 后测定玉米发芽生长情况;玉米在塑料花盆中长至 3~5 叶期时,进行 Ha1 菌株复合菌剂的撒施处理,设置清水为空白对照,每个处理 4 次重复,在温室生长 7 d 后测定颗粒剂对玉米地上部生长的影响。

1.2.3 化学除草剂对 Ha1 菌株及 07-1 菌株生长的影响 测定除草剂 40%乙·莠悬乳剂和 26%烟·莠可分散油悬浮剂与 Ha1 菌株和 07-1 菌株的相容性。将 40%乙·莠悬乳剂和 26%烟·莠可分散油悬浮剂分别加入到 150 mL 灭菌的 LB 液体培养基中,分别配制成 0.6 mL/m² 和 0.15 mL/m² (推荐剂量),2 种菌株的接入量均为 100 μL,具体处理如表 1。

表 1 除草剂与菌株相容性试验设计

处理	用量
1	40%乙·莠悬浮剂 0.60 mL/m ² + 100 μL Ha1 菌株
2	26%烟·莠可分散油悬浮剂 0.15 mL/m ² + 100 μL Ha1 菌株
对照 1	100 μL Ha1 菌株
3	40%乙·莠悬浮剂 0.60 mL/m ² + 100 μL 07-1 菌株
4	26%烟·莠可分散油悬浮剂 0.15 mL/m ² + 100 μL 07-1 菌株
对照 2	100 μL 07-1 菌株

按照表 1 配制好各处理后,将 Ha1 菌株的处理放入 20 ℃摇床,07-1 菌株放入 37 ℃摇床,在 48、72、96、120、144 h 将菌悬液取出,各处理稀释至 10^{-8} 、 10^{-9} 、 10^{-10} 涂板,每个处理 3 次重复,24 h 后观察单菌落,查看菌株繁殖状况。

1.2.4 Ha1 菌株复合菌剂与化学除草剂复配室内除草活性测定 在明确除草剂对菌株生长无抑制作用后,将 40% 乙·莠悬乳剂和 26% 烟·莠可分散油悬浮剂分别进行全量、减量 30% 与 Ha1 菌株复合菌剂 1.95×10^{10} CFU/m² 复配以及空白对照试验,每个处理 4 次重复。

1.2.5 Ha1 菌株复合菌剂与化学除草剂复配后对玉米的安全性 40% 乙·莠悬乳剂田间推荐剂量 0.60 mL/m²、40% 乙·莠悬乳剂(减量 30%) 0.42 mL/m² + Ha1 菌株复合菌剂 1.95×10^{10} CFU/m²、26% 烟·莠 0.15 mL/m²、26% 烟·莠(减量 30%) 0.10 mL/m² + Ha1 菌株复合菌剂 1.95×10^{10} CFU/m² 及清水对照,每个处理 4 次重复,7 d 后调查玉米地上部鲜质量,计算抑制率,测定方法与公式同“1.2.2”节。

1.2.6 田间小区试验设计 2021 年 4—11 月在河北省保定市徐水区高林营村进行田间试验。根据 GB/T 17980.41—2000《农药田间药效试验准则》采用随机区组设计;小区面积为 27 m²,每个处理重复 4 次,玉米品种为郑单 958,喷药量为 30 L/667 m²,苗前在种植玉米后进行处理,苗后在玉米 3~5 叶期时处理,详细试验处理见表 2、表 3。

表 2 Ha1 菌株复合菌剂与苗前除草剂玉米田减量试验设计

处理	用量
1	Ha1 菌株与 07-1 菌株颗粒剂 3.09×10^{10} CFU/m ²
2	Ha1 菌株与 07-1 菌株发酵液 45 mL/m ²
3	40% 乙·莠可分散油悬浮剂 0.60 mL/m ²
4	40% 乙·莠(减量 30%) 0.42 mL/m ² + Ha1 菌株与 07-1 菌株颗粒剂 1.95×10^{10} CFU/m ²
5	40% 乙·莠(减量 30%) 0.42 mL/m ² + Ha1 菌株与 07-1 菌株发酵液 22.5 mL/m ²
6	人工除草
7	空白对照

1.2.7 田间试验调查 根据 GB/T 17980.41—2000《农药田间药效试验准则》进行田间杂草防效调查,分别在施药后 7、14、28 d 取样调查株数,14、28 d 时调查杂草地上部鲜质量;采用棋盘式取样法,每个小区取样 4 个点(每个样点 0.25 m²)。防治

表 3 Ha1 菌株复合菌剂与苗后除草剂玉米田减量试验设计

处理	用量
1	Ha1 菌株与 07-1 菌株颗粒剂 3.09×10^{10} CFU/m ²
2	Ha1 菌株与 07-1 菌株发酵液 7.48×10^{10} CFU/mL 45.0 mL/m ²
3	26% 烟·莠可分散油悬浮剂 0.15 mL/m ²
4	26% 烟·莠(减量 30%) 0.11 mL/m ² + Ha1 菌株与 07-1 菌株颗粒剂 1.95×10^{10} CFU/m ²
5	26% 烟·莠(减量 30%) 0.11 mL/m ² + Ha1 菌株与 07-1 菌株发酵液 7.48×10^{10} CFU/mL 22.5 mL/m ²
6	人工除草
7	空白对照

效果 = [对照区活草数(鲜质量) - 处理区活草数(鲜质量)] / 对照区活草数(鲜质量) × 100%。

测产时,每个小区取中部 2 行玉米,每行 20 株,调查穗行数、行粒数,计算穗粒数、小区有效穗数;根据公式计算乘以缩值系数 0.85 的产量:产量(kg/667 m²) = 小区有效穗数(穗/667 m²) × 穗粒数(粒/穗) × 百粒质量(g) ÷ 100 × 0.85。

1.3 数据处理及分析

利用 Excel 对试验数据进行处理,SPSS 19.0 软件进行邓肯氏新复极差(DMRT)法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 Ha1 菌株复合菌剂研究

由表 4 可知,Ha1 菌株与 07-1 菌株的颗粒剂中有效活菌数为 38.7×10^7 CFU/g,杂菌率为 3.1%,pH 值为 6.56,水分含量为 4.2%,所测指标均处于国家标准规定范围之内,符合复合菌剂制作标准。

表 4 Ha1 菌株复合菌剂生物特性测定

菌种	有效活菌数 (CFU/g)	杂菌率 (%)	pH 值	水分含量 (%)
黏质沙雷氏菌 Ha1	16.5×10^7	3.1	6.56	4.2
07-1 菌株	22.2×10^7			
国标 GB 20287—2006	$\geq 1.0 \times 10^7$	≤ 30	5.5~8.5	≤ 20

2.2 Ha1 菌株复合菌剂室内除草活性研究

Ha1 菌株复合菌剂的不同施药剂量对苗前、苗后的稗和反枝苋地上部鲜质量试验结果(表 5)表明,在施用量为 12.38×10^{10} CFU/g 时,颗粒剂对稗苗前、苗后的鲜质量抑制率分别为 66.74%、75.00%;而在试验过程中,由于反枝苋长势较弱,需采取移栽的方法进行试验,故对反枝苋仅进行了苗后处理,同施用量下反枝苋的鲜质量抑制率达 66.05%。

表 5 不同施药剂量 Ha1 菌株复配颗粒剂对杂草苗前和苗后的室内抑制效果

复合菌剂用量 (CFU/g)	稗鲜质量抑制率(%)		反枝苋鲜质量抑制率(%)
	苗前	苗后	苗后
7.74 × 10 ⁹	17.39 ± 4.51b	30.93 ± 3.49d	17.28 ± 0.96f
15.48 × 10 ⁹	26.96 ± 3.01b	36.30 ± 4.23cd	27.16 ± 2.53e
3.09 × 10 ¹⁰	44.57 ± 1.76b	41.67 ± 2.63bc	35.19 ± 1.66d
6.19 × 10 ¹⁰	54.35 ± 2.51a	47.22 ± 5.37b	59.26 ± 3.12c
12.38 × 10 ¹⁰	66.74 ± 1.26a	75.00 ± 3.31a	66.05 ± 4.17b
莠去津	77.83 ± 2.01a		
烟嘧磺隆		71.85 ± 5.45bc	82.10 ± 2.53a

注:表中数据为平均抑制率±标准差,同一列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

2.3 化学除草剂对 Ha1 菌株及 07-1 菌株的影响

测定 2 种化学除草剂处理后 144 h 内对 Ha1 菌株与 07-1 菌株的生长影响,由图 1、图 2 可知,化学除草剂 26% 乙·莠悬乳剂和 40% 烟·莠可分散油悬浮剂对 2 种菌株的生长均未产生抑制作用,调查结果表明,同一生长期 2 种菌株的活菌数均低于添加除草剂的处理,在 144 h 时,添加乙·莠的处理中,Ha1 菌株和 07-1 菌株的活菌数都达到最高,分别为 2.16 × 10¹²、1.63 × 10¹² CFU/mL,复配后 2 种菌株和除草剂的相容性良好,可以将 2 种化学除草剂与 2 种菌株复配进行田间除草试验研究。

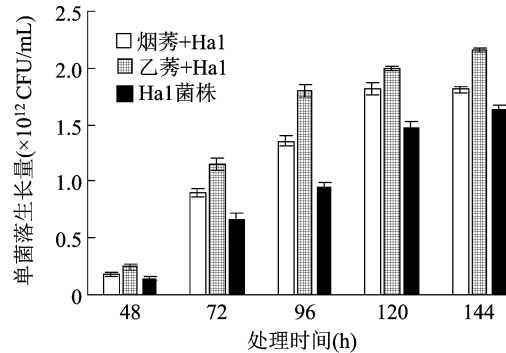


图1 化学除草剂对 Ha1 菌株活菌数的影响

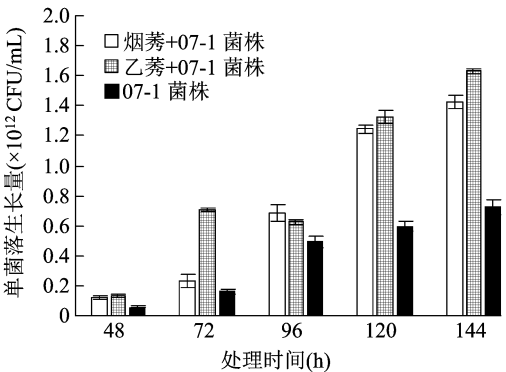


图2 化学除草剂对死谷芽孢杆菌 07-1 菌株活菌数的影响

2.4 Ha1 菌株复合菌剂与化学除草剂复配室内除草活性测定及对玉米安全性测定

Ha1 菌株复合菌剂与 2 种化学除草剂推荐剂量复配后室内除草活性测定中,除了空白对照外,所有处理组杂草全部死亡,抑制率达 100%。同样的处理对玉米进行安全性测定后,结果如表 6 所示,4 种处理对玉米的鲜质量并未产生抑制效果,抑制率均在 0 以下,可以应用到大田试验。

表 6 化学除草剂与 Ha1 菌株复合颗粒剂复配对玉米安全性测定结果

处理	鲜质量抑制率(%)
40% 乙·莠悬乳剂 0.60 mL/m ²	-0.33 ± 0.01a
40% 乙·莠(减量 30%) 0.42 mL/m ² + Ha1 菌株复合颗粒剂 1.95 × 10 ¹⁰ CFU/m ²	-3.36 ± 0.06a
26% 烟·莠可分散油悬浮剂 0.15 mL/m ²	-1.01 ± 0.02a
26% 烟·莠(减量 30%) 0.11 mL/m ² + Ha1 菌株复合颗粒剂 1.95 × 10 ¹⁰ CFU/m ²	-0.67 ± 0.01a

2.5 Ha1 菌株复合菌剂与化学除草剂复配对田间杂草防效

田间试验结果表明,苗前处理中 40% 乙·莠悬乳剂与 Ha1 菌株复合菌剂复配处理对杂草 28 d 的株数和鲜质量防效分别为 80.65%、98.02%,玉米产量为 440.71 kg/667 m²,与对照区玉米产量相比增产 6.70%。苗后田间处理中 26% 烟·莠可分散油悬浮剂与 Ha1 复合颗粒剂复配的处理对田间杂草 14 d 的鲜质量防效为 98.62%,28 d 的株数与鲜质量防效分别是 85.16% 和 99.59%,产量为 486.93 kg/667 m²,较对照区的玉米产量提高了 17.93%(表 7)。

3 结论与讨论

杂草与作物竞争水分、光照和养分,是造成农

表 7 Ha1 菌株复合颗粒剂与除草剂减量复配对田间杂草防效

处理	用量	株数防效(%)			鲜质量防效(%)		产量 (kg/667 m ²)
		7 d	14 d	28 d	14 d	28 d	
苗前	Ha1 与 07-1 菌株颗粒剂 4.5×10 ¹⁰ CFU/m ²	24.32±0.01d	75.00±6.09cd	16.13±6.89g	94.41±6.95a	70.01±4.19c	421.75±4.87ef
	Ha1 与 07-1 菌株发酵液 45.0 mL/m ²	21.62±4.83d	53.13±4.69f	25.81±5.97f	83.14±4.05b	77.30±4.22b	435.10±6.89bcd
	40% 乙·莠悬乳剂 0.60 mL/m ²	72.97±5.58bc	92.71±3.57a	77.42±5.97de	93.60±4.72a	96.53±1.30a	425.39±5.47e
	40% 乙·莠(减量 30%) 0.42 mL/m ² + Ha1 与 07-1 菌株 颗粒剂 2.25×10 ¹⁰ CFU/m ²	67.57±6.84c	80.21±6.36bc	80.65±6.89cde	86.64±2.90b	98.02±1.22a	440.71±3.27d
	40% 乙·莠(减量 30%) 0.42 mL/m ² + Ha1 与 07-1 菌株发酵液 22.5 mL/m ²	81.08±1.50b	93.75±2.15a	90.32±5.97ab	98.88±0.83a	99.69±1.20a	445.73±3.27cd
苗后	Ha1 菌株颗粒剂 3.9×10 ¹⁰ CFU/m ²	72.00±4.28bc	67.75±6.89de	74.07±3.96e	86.08±5.28b	97.68±2.19a	452.62±0.85bcd
	Ha1 与 07-1 菌株发酵液 45.0 mL/m ²	80.00±4.28b	61.31±0.01e	79.63±3.43de	95.02±1.99a	95.77±4.66a	464.09±1.00b
	26% 烟·莠可分散油 悬浮剂 0.15 mL/m ²	92.00±0.01a	83.88±5.97b	83.33±3.43bcd	96.76±2.31a	94.22±6.23a	455.80±2.73bc
	26% 烟·莠(减量 30%) 0.11 mL/m ² + Ha1 菌株复合 颗粒剂 1.95×10 ¹⁰ CFU/m ²	92.00±6.05a	80.65±6.89bc	85.16±5.59bcd	98.62±1.42a	99.59±0.33a	486.93±2.31a
	26% 烟·莠(减量 30%) 0.11 mL/m ² + Ha1 与 07-1 菌株发酵液 22.5 mL/m ²	96.00±4.28a	87.10±0.01ab	88.89±3.96abc	97.04±4.39a	99.18±0.41a	477.86±0.91a
	人工除草	97.30±4.83a	97.92±2.15a	98.39±1.72a	98.52±2.50a	99.95±0.05a	447.93±5.89cd
	空白对照						412.88±2.96f

田产量损失的主要生物因素^[21-24]。化学除草剂的不规范使用是导致杂草抗性、药害等问题产生的主要原因,怎样有效解决化学除草剂带来的负面问题备受大众关注,开发新型天然除草剂是当下主要任务,通过添加增效助剂来实现化学除草剂减量增效是农田常用的农业生产措施^[25-27]。据研究,添加红太阳 A8 助剂后的异丙隆药液防除莠草时 90% 有效剂量(ED₉₀)降低 626.3 g/hm²;除草剂 50% 丙炔氟草胺可湿性粉剂和 33% 二甲戊灵乳油用量减量 20% 后添加激健、安融乐、增效王等 3 种喷雾助剂,发现棉田杂草防除效果与常规用量相当,且对棉花生长发育安全^[28-29]。

微生物复合菌剂具有比单菌株更能够长期发挥作用、效果稳定并增加作物产量等诸多优势^[30-31]。在杨杰等的研究中,利用棉花内生真菌进行了复合菌剂的制作,对棉花黄萎病进行防效调查,结果表明 6 月中旬前后将该配方以 30 kg/hm² 用量分 2 次等量随水滴施,对棉花黄萎病的防治效

果较好,并有增产提质效果^[32];用 2 株无拮抗作用的放线菌菌株的复合菌剂研究对番茄青枯病的防治效果,发现复合发酵液的抑菌率明显高于单一菌株,盆栽防效达 82.03%,干质量增加 76.58%,有望进行菌肥的开发利用^[33]。

黏质沙雷氏菌在自然界中广泛存在,在土壤、海洋和动植物中均可分离获得,菌株除了具有抗炎、杀菌和杀虫活性外,还表现出了一定的除草活性^[34-35,19]。本研究制备的 Ha1 菌株与 07-1 菌株复合颗粒剂生物特性符合国家标准,且与玉米田常用化学除草剂复配后,均优于复合菌剂对玉米田杂草的防效。据实验室前期研究,黏质沙雷氏菌 Ha1 菌株制备的颗粒剂对玉米田杂草有较好的防效,可达 76.82%^[17,36],本研究结果与之相符,均显示了 Ha1 菌株较高的除草活性。化学除草剂的种类较多,不同除草剂与菌剂混用有不同的除草效果,而 Ha1 菌株复合菌剂与各类不同除草剂的复配效果,可以开展相关试验对其进一步研究。

参考文献:

- [1] 张春华, 张宗俭, 姚登峰, 等. 桶混助剂在玉米田除草剂减施增效中的应用[J]. 玉米科学, 2021, 29(4): 115–121.
- [2] Thomas S E, Evans H C, Cortat G, et al. Assessment of the microcyclic rust *Puccinia lantanae* as a classical biological control agent of the pantropical weed *Lantana camara* [J]. Biological Control, 2021, 160: 104688.
- [3] Wang H Z, Huang Y Z, Zhao K P, et al. Greenhouse and field evaluation of the novel herbicide QYC101 for weed control in maize (*Zea mays* L.) in China[J]. Crop Protection, 2019, 124: 104788.
- [4] Kalra R, Conlan X A, Goel M. Lichen allelopathy: a new hope for limiting chemical herbicide and pesticide use[J]. Biocontrol Science and Technology, 2021, 31(8): 773–796.
- [5] Comont D, Lowe C, Hull R, et al. Evolution of generalist resistance to herbicide mixtures reveals a trade-off in resistance management [J]. Nature Communications, 2020, 11(1): 3086.
- [6] 李香菊, 崔海兰, 陈景超, 等. 东北玉米田除草剂减施增效技术途径探讨[J]. 玉米科学, 2021, 29(3): 92–99.
- [7] Krenchinski F H, Albrecht A J P, Salomão Cesco V J, et al. Post-emergent applications of isolated and combined herbicides on corn culture with *cp4* – *epsps* and *pat* genes[J]. Crop Protection, 2018, 106: 156–162.
- [8] 冉海燕, 兰敏敏, 李鸿波, 等. 助剂激健对玉米地不同茎叶处理除草剂的减量增效作用[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(14): 95–98.
- [9] 李琦, 杨晓玫, 张建贵, 等. 农用微生物菌剂固定化技术研究进展[J]. 农业生物技术学报, 2019, 27(10): 1849–1857.
- [10] Abbas A, Khan S U, Khan W U, et al. Antagonist effects of strains of *Bacillus* spp. against *Rhizoctonia solani* for their protection against several plant diseases: alternatives to chemical pesticides [J]. Comptes Rendus Biologies, 2019, 342(5/6): 124–135.
- [11] 陈冲, 刘伟, 史华平, 等. 微生物农药在国内果树生产中的应用现状与前景[J]. 中国农学通报, 2015, 31(19): 35–40.
- [12] 李东洋. 复合微生物菌剂的制备及对小麦田杂草的防除应用研究[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2020.
- [13] 赵美娜. 马唐生防菌 Col-68 (*Colletotrichum hanaui*) 发酵工艺及菌药复配的相关研究[D]. 金华: 浙江师范大学, 2012.
- [14] Jupatanakul N, Pengon J, Selisana S M G, et al. *Serratia marcescens* secretes proteases and chitinases with larvicidal activity against *Anopheles dirus* [J]. Acta Tropica, 2020, 212: 105686.
- [15] 万秀秀. 黏质沙雷氏菌对褐飞虱的亚致死效应[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [16] 冯书亮, 曹伟平, 范秀华, 等. 一株黏质沙雷氏菌菌株的鉴定及对黄胫小车蝗的毒力测定[J]. 中国生物防治, 2002, 18(4): 158–161.
- [17] 杨娟. 黏质沙雷氏菌(*Serratia marcescens*) Ha1 菌株及其代谢产物除草活性研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2014.
- [18] 郭冉. Ha1 菌株的发酵工艺及颗粒剂的除草活性研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2019.
- [19] Duzhak A B, Panfilova Z I, Duzhak T G, et al. Role of prodigiosin and chitinases in antagonistic activity of the bacterium *Serratia marcescens* against the fungus *Didymella applanata* [J]. Biochemistry, 2012, 77(8): 910–916.
- [20] 黄钦. 西洋参根腐病生防菌剂研发[D]. 大理: 大理大学, 2021.
- [21] 李广阔, 张航, 杨安沛, 等. 新疆农田杂草治理的主要问题及防控建议[J]. 杂草学报, 2021, 39(2): 1–6.
- [22] Juan V F, Núñez Fré F R, Saint-André H M, et al. Responses of 2,4-D resistant *Brassica rapa* L. biotype to various 2,4-D formulations and other auxinic herbicides [J]. Crop Protection, 2021, 145: 105621.
- [23] 郭云忠, 胡杰, 李思娟, 等. 陕西关中灌区麦田杂草发生规律及防治指标[J]. 杂草学报, 2021, 39(1): 38–42.
- [24] 郭文磊, 张纯, 冯莉, 等. 珠三角部分地区菜茬免耕早直播稻田杂草调查[J]. 杂草学报, 2020, 38(3): 18–22.
- [25] Zhao L X, Wang Z X, Zou Y L, et al. Phenoxypyridine derivatives containing natural product coumarins with allelopathy as novel and promising proporphyrin IX oxidase-inhibiting herbicides: design, synthesis and biological activity study [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2021, 177: 104897.
- [26] 杨云, 金容, 何川, 等. 两类除草剂减施防除玉米田杂草的效果[J]. 中国植保导刊, 2021, 41(8): 74–76.
- [27] Singh V, Masabni J, Baumann P, et al. Activated charcoal reduces pasture herbicide injury in vegetable crops [J]. Crop Protection, 2019, 117: 1–6.
- [28] 付瑞霞, 王俊平, 董立尧. 4 种助剂对异丙隆防除茵草的增效作用[J]. 植物保护, 2021, 47(3): 70–75.
- [29] 朱玉永, 赵冰梅, 张强, 等. 添加不同喷雾助剂对早熟棉区除草剂减量增效的影响[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(7): 1291–1296.
- [30] 庞宁, 张雪, 刘俊清, 等. 复合微生物菌剂在苏打盐碱土改良中的应用 [J/OL]. (2021-07-23) [2022-01-06]. <https://doi.org/10.13327/j.jjlau.2021.1252>.
- [31] 何飞燕, 杜全能, 杨正, 等. 复合微生物菌剂对花生生长及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(14): 104–109.
- [32] 杨杰, 程炳尚, 卢函妹, 等. 复合微生物菌配方“中棉菌乐土”对棉花黄萎病大田防效[J]. 中国棉花, 2021, 48(6): 22–25, 36.
- [33] 赖宝春, 姚锦爱, 戴瑞卿, 等. 2 株拮抗放线菌复合防治番茄青枯病的研究[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(5): 1035–1040.
- [34] Feng K, Luo J, Ding X, et al. Transcriptome analysis and response of three important detoxifying enzymes to *Serratia marcescens* Bizio (SM1) in *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2021, 178: 104922.
- [35] Park S Y, Kim M J, Park S, et al. Chorioamnionitis caused by *Serratia marcescens* in a healthcare worker: a case report [J]. World Journal of Clinical Cases, 2021, 9(20): 5689–5694.
- [36] 李鑫, 乔欣, 杨娟, 等. 黏质沙雷氏菌 *Serratia marcescens* Ha1 对玉米田杂草的室内除草活性测定[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 292–296.