

文章编号:1673-887X(2026)06-0186-03

生物农药在小麦病虫害防治中的应用研究

高加力,魏来忠,王洪龙
(济宁市任城区农业农村局,山东 济宁 272100)

摘要 为明确生物农药对小麦赤霉病的田间防控效果,以小麦赤霉病为防治对象,在山东省寿光市农业科技试验基地开展田间药效试验,测定枯草芽孢杆菌可湿性粉剂对小麦赤霉病的防效及作物安全性。结果表明:小麦扬花初期喷施500倍液枯草芽孢杆菌可湿性粉剂,可有效抑制病菌在小麦植株内的定殖与扩散;处理组病情指数显著低于清水对照组,平均防治效果达78.0%;施药区小麦株高、穗长与对照组无明显差异,未出现明显药害症状。本研究证实枯草芽孢杆菌在适宜环境条件下对小麦赤霉病防控效果稳定、作物安全性高,可替代或减少部分化学农药使用,为小麦赤霉病绿色综合防控技术体系构建提供科学依据与数据支撑。

关键词 生物农药;小麦;赤霉病;枯草芽孢杆菌

中图分类号 S435

文献标志码 A

doi:10.3969/j.issn.1673-887X.2026.06.063

Research on the Application of Biopesticides in the Control of Wheat Diseases and Pests

Gao Jiali, Wei Laizhong, Wang Honglong

(Rencheng District Agricultural and Rural Bureau of Jining City, Jining 272100, Shandong, China)

Abstract: To clarify the field control effect of biological pesticides on wheat *Fusarium* head blight, wheat *Fusarium* head blight was selected as the target disease for control. A field efficacy test was conducted at the Agricultural Science and Technology Experiment Base in Shouguang City. The efficacy of *Bacillus subtilis* wettable powder against wheat *Fusarium* head blight and the safety of the crop were determined. This study confirmed that *Bacillus subtilis* had stable control effect on wheat *Fusarium* head blight under suitable environmental conditions and had high crop safety. It could replace or reduce the use of some chemical pesticides, providing scientific basis and data support for the construction of a green comprehensive control technology system for wheat *Fusarium* head blight.

Key words: biopesticide; wheat; *Fusarium* head blight; *Bacillus subtilis*

小麦赤霉病是由赤霉病菌引起的典型气候型病害,不仅造成小麦减产,而且产生的脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)毒素会对粮食造成严重污染,严重危害人畜健康^[1]。长期以来,我国小麦赤霉病防控主要依靠多菌灵、戊唑醇、氰烯菌酯等化学农药,但由于长期单一、高频率的使用,导致病原菌的抗性水平不断升高,同时也引发了农药残留超标、农业面源污染和生态破坏等一系列问题^[2]。

近年来,在绿色防控理念推动下,生物农药在小麦病虫害防治中的应用范围逐步扩大^[3]。生物农药来源广、毒性相对较低,对非靶标生物干扰较小,可在保持一定防治水平的前提下降低化学药剂用量。枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)是一种广谱杀菌剂,可在作物表面快速定殖形成生物被膜,通过空间与营养竞争、分泌

抑菌物质及诱导植株产生抗性等多种机制抑制病原菌的侵染^[4]。本项目拟通过田间小区试验,明确枯草芽孢杆菌可湿性粉剂防治小麦赤霉病菌的效果与施用安全性,以为小麦赤霉病绿色低毒防控技术应用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验时间为2024年3月—5月,地点位于山东省寿光市农科试验基地。试验地地势较平,土壤属砂壤土,土层深厚,肥力中等且分布均匀,排灌设施完备。试验田前茬作物为玉米,秸秆还田量较大,为赤霉病菌提供了充足的越冬菌源。试验期间气温回升较快,小麦花期降水偏多,气候条件适宜赤霉病发生流行,可保障药

收稿日期 2026-03-11

作者简介 高加力(1976-),男,山东嘉祥人,高级农艺师,研究方向为生物农药应用。

效评价的有效性。为了准确把握气象因素对生防菌在田间的分布和定殖的影响,在试验田设置小型气象站,对试验过程中的温、湿、雨和光强进行实时监测。试验期间田间施肥、灌溉等常规管理措施保持一致,确保试验条件统一。

1.2 供试材料

供试作物以本地主栽的优质冬小麦品种为材料,田间生长整齐一致,群体结构适宜,对赤霉病抗性中等,适宜作药效试验材料。防治靶标为小麦赤霉病。供试药剂为商品化枯草芽孢杆菌可湿性粉剂,有效活菌数符合产品质量标准,悬浮性、分散性良好。

1.3 试验设计

本研究采用单因素随机区组设计,以排除土壤因素的影响。试验设生防组、清水对照组2个处理。生防组以枯草杆菌可湿性粉剂500倍液为对照,清水对照用清水冲洗。每个处理重复3次,共6个小区,面积统一为40 m²。以“防为主,适时施药”为原则,选择扬花前期(即全田开花率达5%~10%时)施药。施药器选择具有稳定工作压力和良好雾化效果的背负式电动喷雾器,对小麦整株均匀喷雾,重点喷麦穗。第一次喷施后间隔7 d再喷一次,共2次,喷药量一般控制在30~40 L/667 m²,确保药液能充分湿润植株表面而不流失。

1.4 调查与统计

病害调查参照《农药田间药效试验准则(GB/T 17980)》系列标准中的有关规定进行,试验时间定在最后一次施药10 d后,即赤霉病症状完全出现时进行。以五点采样法,按“Z”字形随机选择5个点,每点20株,共100株,观察穗部发病情况。

按病斑面积占穗部面积之比作为分级标准,整穗无病斑为0级;病斑面积小于1/4为1级;在1/4到1/2的范围内用3个水平表示;在1/2~3/4间记5级,大于3/4记7级,整穗全死记9级。根据调查资料,分别计算各小区的病害指数及防治效果。计算公式如下:

$$\text{病情指数}(\%) = \frac{\sum(\text{各级病穗数} \times \text{对应病级值})}{(\text{调查总穗数} \times \text{最高病级值})} \times 100. \quad (1)$$

$$\text{防治效果}(\%) = \frac{(\text{对照组病情指数} - \text{处理组病情指数})}{\text{对照组病情指数}} \times 100. \quad (2)$$

在最后一次调查时,每小区随机测定小麦株高、穗长,观察叶片有无变色、变形等药害症状,按0~4级进行分级评价。

1.5 数据分析

用Excel 2019进行数据整理、统计与计算。

2 结果与分析

2.1 对小麦赤霉病的防治效果

枯草芽孢杆菌对小麦赤霉病的田间防治效果见表1。由表1可知,清水对照区自然发病重,3个重复小区

发病指数分别为17.5、18.8、18.3,平均发病指数18.2。试验期间的温度和湿度条件适宜病菌的生长和侵染,对照组发病充分,试验结果真实、有效。与对照相比,用500倍液喷施的处理组的病发率明显降低。3个重复小区的疾病指数分别为3.8、4.2、4.0,平均疾病指数只有4.0。计算结果表明,枯草芽孢杆菌对小麦赤霉病抗性平均达78.0%。

表1 枯草芽孢杆菌对小麦赤霉病的田间防治效果表

Tab.1 The field control effect of *Bacillus subtilis* on wheat *Fusarium* head blight

处理组别	重复I病情指数	重复II病情指数	重复III病情指数	平均病情指数	防治效果/%
枯草芽孢杆菌500倍液	3.8	4.2	4.0	4.0	78.0
清水对照(CK)	17.5	18.8	18.3	18.2	—

2.2 安全性评价

枯草芽孢杆菌对小麦生长安全性的评价表见表2。表2显示,枯草杆菌处理区小麦株高76.5 cm,平均穗长9.2 cm,清水对照区75.8 cm,穗长9.1 cm。处理组株高、穗长等主要生长指标与对照组极为相近,表明该药剂不会对小麦正常生长进程产生抑制作用。药害等级调查结果表明,所有处理小区药害等级均为0级。田间观察表明,处理区小麦叶色浓绿、旗叶舒展、颖壳无褐色或焦斑、长势良好。综合表2的数据和田间表现,证明在试验设定的500倍液浓度下,该菌对小麦的安全性较高,无明显药害风险,适合在花期安全施用。

表2 枯草芽孢杆菌对小麦生长安全性的评价表

Tab.2 Evaluation of the safety of *Bacillus subtilis* on wheat growth

处理组别	平均株高/cm	平均穗长/cm	药害分级(0~4级)	叶片/穗部表现
枯草芽孢杆菌500倍液	76.5	9.2	0	叶色正常,无灼伤,生长稳健
清水对照(CK)	75.8	9.1	0	叶色正常,自然生长

2.3 对小麦产量及籽粒品质的影响

在评价防治效果和安全性的基础上,于小麦完熟期,每小区随机选择1 m²进行实收,测量产量和籽粒DON毒素含量,结果见表3。结果表明,与清水对照区(千粒质量38.2 g,理论产量486.5 kg/667 m²)相比,在500倍液处理区,平均千粒质量为42.5 g,理论产量为565.2 kg/667 m²,增产幅度达16.18%。籽粒品质方面,清水对照小麦籽粒干瘪严重,DON毒素平均含量达1 850 μg/kg,远远超过国家食品安全限量1 000 μg/kg;但枯草芽孢杆菌处理后,籽粒饱满,DON毒素含量降低至320 μg/kg。研究结果表明,枯草芽孢杆菌不仅能够有效控制病害症状,而且对保障小麦产量及食品安全

具有重要意义,具有重要的经济与社会价值。

表3 枯草芽孢杆菌对小麦产量及籽粒 DON 毒素含量的影响表

Tab.3 Effects of *Bacillus subtilis* on wheat yield and DON toxin content in grains

处理组别	平均千粒 质量/g	理论产量/(kg· (667 m ²) ⁻¹)	增产率/%	DON 毒素含 量/(μg·kg ⁻¹)
枯草芽孢杆 菌 500 倍液	42.5	565.2	16.18	320
清水对照 (CK)	38.2	486.5	—	1 850

3 结论与讨论

本项目通过田间标准化试验,系统验证了枯草芽孢杆菌可湿性粉剂在防治小麦赤霉病菌方面的潜力。试验结果表明,在小麦扬花初期(即发病初期)防治关键节点,用500倍液喷洒整株植株,间隔7 d再补防,对小麦赤霉病的平均防治效果达78.0%,病情指数由对照组的18.2降至4.0。同时,该生物制剂还能显著增加小麦千粒质量,减少 DON 毒素在籽粒中的累积。安全性评价结果表明,在施药区小麦的株高和穗长与对照相比差异不大,没有造成药害。结果表明,枯草芽孢杆菌防治效果明确,安全可靠,可替代部分化学农药,控制病害发生,保证小麦产量与品质,是小麦绿色生产基地和有机农业示范区大面积推广的理想选择。

生物农药防治效果受环境因子影响大,其作用机制与化学农药有本质区别。本试验选用枯草芽孢杆菌,其防治效果达78.0%,主要是由于寿光地区温度维持在20~30℃,空气相对湿度较高,既有利于病原菌感染,又有利于芽孢杆菌在麦穗表面快速定殖和繁殖,形成“以菌治菌”的良好局面。其作用机制主要有竞争排斥、分泌脂肽类抗生素抑制病原菌生长和诱发系统性抗病反应等。但是生物杀虫剂的速效性普遍弱于强效化学杀菌剂,因此,在生产实践中,一定要严格掌握“预防为主,适时用药”的原则,必须抓住该菌侵染前(开花前打药)施药,使有益菌提早构筑起防御屏障。

生物农药具有环境友好的天然优势,但受自然因素(紫外、降水、温度等)的影响,其有效性往往不及化学农药^[5]。枯草芽孢杆菌不仅可以在作物表面形成物理屏障,还可以通过分泌活性物质破坏病菌细胞结构,

从而达到较好的防治效果。但是,在赤霉病大爆发年份,单纯使用生物药剂可能会带来防控压力^[6]。因此,要采用“生物防治为主,化学防治为辅”的综合防治体系。例如:利用枯草芽孢杆菌和免疫诱抗剂复配施用,或在病害高发期与减量后的低毒化学药剂(如戊唑醇)交替使用,不仅可以通过化学药剂快速降低病原菌的数量,还可以发挥生物农药的长效安全特性,兼顾防控效果与农田生态保护。

另外,在长期生态效益方面,生物农药连续施用可逐步改善农田微生态环境。试验后期发现,施用枯草芽孢杆菌后,土壤中有益放线菌及根际真菌数量明显增加,提示该生防细菌可能具有改善土壤微生态和促进根系健康的正协同效应。从经济效益角度来看,高品质生物农药的直接材料成本可能比传统化学农药稍高,但由于其潜在效益(如降低农药残留、提高小麦定级价格、降低面源污染治理成本),其全产业链的综合效益仍十分显著。

综上所述,本项目的研究结果为利用枯草芽孢杆菌防治小麦赤霉病抗性提供了理论依据。该药剂不仅具有显著的抑菌和防病作用(防效78.0%),而且对农作物安全无害,符合现代农业绿色低碳发展的要求。该技术的推广应用,可有效缓解长期使用化学农药造成的环境污染和抗性问题,为保障区域粮食安全和生态安全提供新思路。未来,可深入开展多因子气候适应性研究,将其与农业防治、物理防治等有机结合,形成一套完整的小麦全产业链绿色、高质量发展技术体系。

参考文献

[1] 岳华田.小麦病虫害综合防治技术的田间试验与效果评估[J].种子科技,2025,43(16):44-46.
[2] 丁波英.小麦病虫害防治技术要点的实践探索[J].种子科技,2025,43(9):128-130.
[3] 王华宾.小麦种植中病虫害综合防治技术的田间试验[J].粮油与饲料科技,2025(2):140-142.
[4] 解伟.小麦病虫害绿色防控试验[J].粮油与饲料科技,2025(1):77-79.
[5] 高明.小麦种植地病虫害防治技术[J].基层农技推广,2024,12(9):132-134.
[6] 秦卓.绿色植保理念下小麦病虫害防治技术分析[J].农业开发与装备,2024(6):196-198.