

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2025.04.005

小麦纹枯病综合防治的 Meta 分析

洪丹^{1,3}, 望子艺², 徐艺萌², 隋勤全², 王黎明¹

1. 河北农业大学 植物保护学院, 河北 保定 071001;

2. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001;

3. 河北顺平县农业农村局, 河北 顺平 072250

摘 要: 小麦纹枯病是小麦生产的主要病害之一, 受气候因素、耕作制度、致病病原菌等多重因素的影响。目前对小麦纹枯病的防治主要包括选育抗病品种、农业管理、化学防治和生物防治。本文收集了 2019—2024 年中国知网、Web of Science 数据库中与小麦纹枯病防治有关的 1 819 篇文章, 根据所制定的筛选标准共获得满足条件的论文 13 篇。利用 Excel 对防治小麦纹枯病的化学农药、生物农药、生防菌等相关数据进行分类和整理, 利用 Meta 分析对药剂的使用方式、药后不同时间、生物农药和化学农药等方面进行了整合分析。结果表明: 实验数据异质性大, 生物农药如贝莱斯芽孢杆菌 LQ-3 的防效与化学药剂啮拉斯相当; 不同药剂拌种 30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂和 0.8% 腈菌·戊唑醇种衣悬浮剂的防效分别为 81% 和 80%, 防效好; 在施药后不同时间防效的分析中, 37% 井冈·蜡芽菌可湿性粉剂的防效为 72%, 防效最好。该研究为小麦纹枯病的综合防治提供了理论基础。

关 键 词: 小麦纹枯病; 生物防治;

化学防治; Meta 分析

中图分类号: S432.4

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2025)04-0038-10

Meta-analysis of Comprehensive Control of Wheat Sheath Blight

HONG Dan^{1,3}, WANG Ziyi², XU Yimeng²,
SUI Qinquan², WANG Liming¹

1. College of Plant Protection, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001, China;

2. College of Resources and Environmental Science, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001, China;

3. Shunping County Agriculture and Rural Bureau, Shunping, Hebei 072250, China

收稿日期: 2025-02-21

基金项目: 河北省省属高校基本科研业务费研究项目(KY2023063)。

作者简介: 洪丹, 硕士研究生, 主要从事桃树病害研究。E-mail: 1195408475@qq.com。

通信作者: 王黎明, E-mail: wanglm1990@126.com。

Abstract: Wheat sheath wilt is one of the main diseases in wheat production. The occurrence of the disease is affected by multiple factors such as climate, farming system, pathogenic bacteria, etc. At present, the control of wheat sheath wilt mainly includes breeding resistant varieties, agricultural management, chemical control and biological control. In this paper, 1 819 articles related to wheat sheath blight prevention and control were collected from CNKI and Web of Science databases published from 2019—2024. 13 papers meeting the criteria were selected according to the established screening criteria. Excel was used to classify and sort the relevant data of chemical pesticides, biopesticides and biocontrol bacteria for the prevention and control of wheat sheath blight. Meta-analysis was used to conduct integrated analysis on the application mode, different time after medication, biopesticides and chemical pesticides. The results show that the heterogeneity of experimental data is large. Biopesticides such as *Bacillus bellesiensis* LQ-3 had the same control effect as chemical Coolas. The control efficiency of 30 g/L phenacetoconazole suspension seed coating agent and 0.8% nitrile and pentazolol seed coating agent was 80% and 81%, respectively, showing good control efficiency. In the analysis of control effect at different time after application, the control effect of 37% Jinggang • *Bacillus cereus* wettable powder was 72%, showing the highest control effect. The study provided a theoretical basis for the comprehensive control of wheat sheath blight.

Key words: wheat sheath blight; biological control; chemical control; Meta-analysis

小麦是我国最为重要的粮食作物之一,产量高低会对我国的粮食安全造成影响^[1]。小麦纹枯病(wheat sharp eyespot)又称尖眼斑病,是由禾谷丝核菌(*Rhizoctonia-real*)引起的土传真菌病害,属于世界性病害^[2],小麦全生育期均可发病,侵染小麦的根、叶鞘、茎秆和叶片,几乎遍布世界各温带小麦种植地区,尤其是气候湿润多雨的温带地区受害严重^[3],小麦拔节前期呈典型的黄褐色梭形或眼点状病斑,后期病斑融合,茎基部呈云纹花秆状,造成茎壁失水坏死,最后病株枯死,形成枯株白穗,造成产量损失 10% ~ 20%,严重时高达 70% 以上^[4]。自 20 世纪 80 年代以来,小麦纹枯病发生蔓延极为迅速,随着栽培制度的变化,该病发生面积逐步扩大,危害日益加重,已成为小麦生产中的防治重点。特别是一些高产田块,由于播种量大、水肥充足、田间湿度大,更适宜小麦纹枯病的发生和发展,目前尚无较好的抗病品种供生产利用,药剂防治是控制小麦纹枯病的主要手段^[5]。

小麦纹枯病的防治手段主要有农业防治、化学防治、生物防治等,其中以化学防治和生物防治为主^[6]。化学药剂有单剂和复配制剂,常用的单剂主要有 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂、25% 丙环唑乳油、125 g/L 氟环唑悬浮剂等,复配制剂主要有 25% 或 30% 苯甲 • 丙环唑水乳剂、75% 肟菌 • 戊唑醇悬浮剂、75% 戊唑 • 啉菌酯水分散剂、32% 噻呋酰胺 • 氟环唑悬浮剂等。利用化学药剂防治小麦纹枯病具有使用方法简单、效率高、见效快,特别是在病害大发生时能快速控制病害等优点。目前最快速、最有效的控制手段仍是使用杀菌剂。

化学药剂虽能有效防治小麦纹枯病,但随着化学药剂连续、大量使用,化学防治的问题也逐渐被发现,如易导致病原菌产生抗药性、农药残留和环境污染等^[7]。生物防治可以减少对环境的污染,提升农产品质量安全水平,提高消费者的健康水平。生物防治是一种环保、经济、绿色的防治方式,逐渐成为研究的热点^[8],为小麦病害防治提供了安全有效的方法^[9]。常用的药剂有 6% 井冈霉素 • 枯草芽孢杆菌可湿性粉剂、贝莱斯芽孢杆菌 YB-145、贝莱斯芽孢杆菌

LQ-3、小盾壳霉等。

Meta 分析可以将大量同类研究结果统一合并,系统、定量地进行分析^[10],在医学研究分析中较常见,现已得到广泛应用。Meta 分析与传统综述性文献相比,其检索策略明晰且结果可定量,可为某项措施的效果评价提供参考依据^[11]。本文分析了不同药剂对小麦纹枯病的防治效果,确定了不同药剂对小麦纹枯病防治效果的差异,为小麦纹枯病的有效防治提供了更多的药剂选择,更有利于农业的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 数据库建立

本研究所选文献来源于中国知网(CNKI)和 Web of Science,以“小麦纹枯病综合防治”和“Comprehensive control of wheat sheath blight”为关键词,检索时间范围为 2019 年 1 月 1 日至 2024 年 11 月 30 日,共计获得 1 819 篇文献,其中中文 1 078 篇、英文 741 篇,建成文献数据库。

1.2 文献筛选标准

参照扈进冬等^[12]和操一凡等^[13]研究,制定论文筛选标准:①有样本量和标准误;②数据重复的论文只选取一篇;③必须有针对小麦纹枯病防效的数据;④必须有空白对照;⑤大田试验每处理有 5 个以上样点;⑥文献中剔除会议、综述类非研究型文章。

按照以上的筛选标准,通过阅读全文,剔除不符合要求的论文,获得可用文献 13 篇,在 Excel 里汇总并提取以下数据信息:防效值(若无,则通过发病率和病情指数计算)、样本量。根据数据信息进行分组(表 1)。

表 1 Meta 分析数据分组表

组别	类别
药剂种类	化学药剂;生防菌;生物制剂
使用方式	拌种;喷施
使用时间	预防;治疗;防治同时
防效调查时间	药后 10 d;药后 15 d;药后 30 d;药后 90 d

1.3 数据分析

采用 Q 检验对纳入的原始研究进行异质性分析。对异质性较大的研究进一步进行亚组分析,以减少研究间的异质性。本研究使用 Q 和 I^2 检验进行数据异质性检验^[14],见式(1)和式(2)。

$$Q = \sum_{i=1}^k W_i (R_i - \bar{R}_i)^2 \quad (1)$$

$$I^2 = [Q - (k - 1)]/Q \quad (2)$$

式中, Q 为检验效能值, I^2 是在 Q 检验基础上进行的 I^2 统计量, R_i 为效应值, $\bar{R}_i$ 为 R_i 平均值, k 为效应值样本量, W_i 为权重。

通常认为 I^2 和 Q 值越大,数据异质性也就越大。当 $I^2 > 50\%$ 或 $p < 0.1$ 时,使用随机效应模型进行数据合并分析;反之,则使用固定效应模型。

2 结果与分析

2.1 数据异质性分析

分析不同药剂对小麦纹枯病的防治效果,利用 Review Manager 5.4 软件对纳入的 13 篇文献中的 811 组数据进行 Meta 分析,森林图中显示了异质性检测结果:非均质性结果是 $\text{Chi}^2 = 121.07$,自由度(df) = 12($p < 0.00001$); I^2 的异质性 $> 50\%$,表明数据异质性大,符合采用随机效应模型。菱形小方块落在无效线右侧且未与无效线相交,表明与对照相比供试药剂对小麦纹枯病均具有显著防治效果(图 1)。同时对不同药剂防效的大小进行进一步分析。

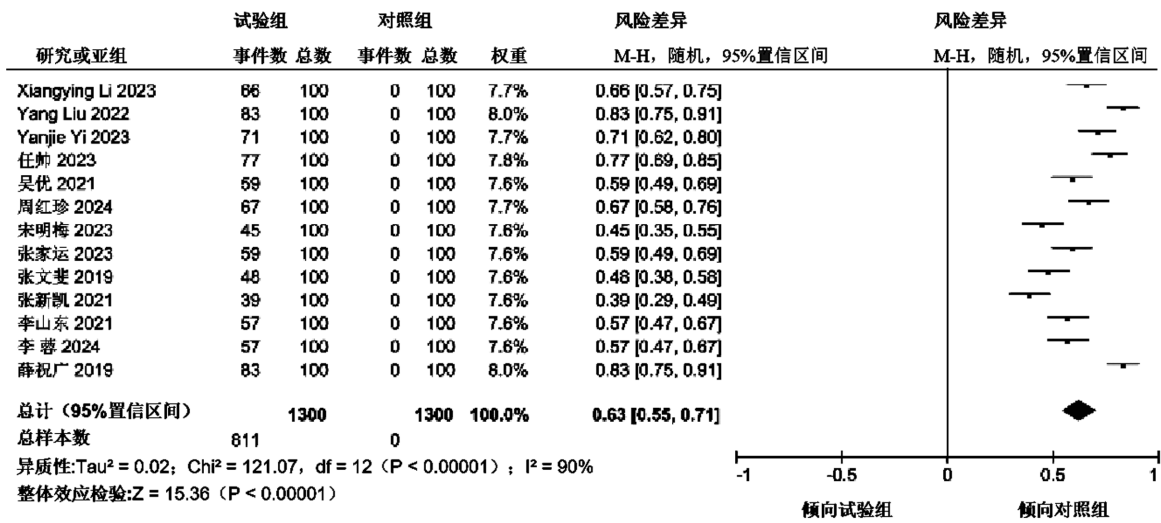


图 1 不同药剂对小麦纹枯病的防治

2.2 不同药剂拌种对小麦纹枯病的防效分析

种子处理是植物病虫害防治中经济有效的方法,使用生物、物理、化学因子和技术来保护种子和作物,控制病虫为害,确保作物正常生长,达到优质高产^[15]。小麦纹枯病为土传病害,而且在小麦的整个生育期都会发生危害,药剂拌种处理不仅可以提早预防禾谷丝核菌对小麦的侵染,还可以减少后期农药的使用。

利用 Meta 分析不同药剂拌种对小麦纹枯病的防效,其中在拔节期的防效:48%苯甲·吡虫啉为 38%,防效最差;30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂和 0.8%腈菌·戊唑醇种衣悬浮剂的防效为 81%和 80%,防效好(图 2)。

不同药剂拌种在抽穗期的防效:31.9%戊唑·吡虫啉为 27%,防效最差;22%氟唑菌苯胺悬浮种衣剂和 4.8%苯醚·咯菌腈分别为 59%和 60%,防效好(图 3)。4.8%苯醚·咯菌腈拌种在拔节期和抽穗期的防效均在 60%左右,持效期长,可为不同时期药剂选择提供参考。

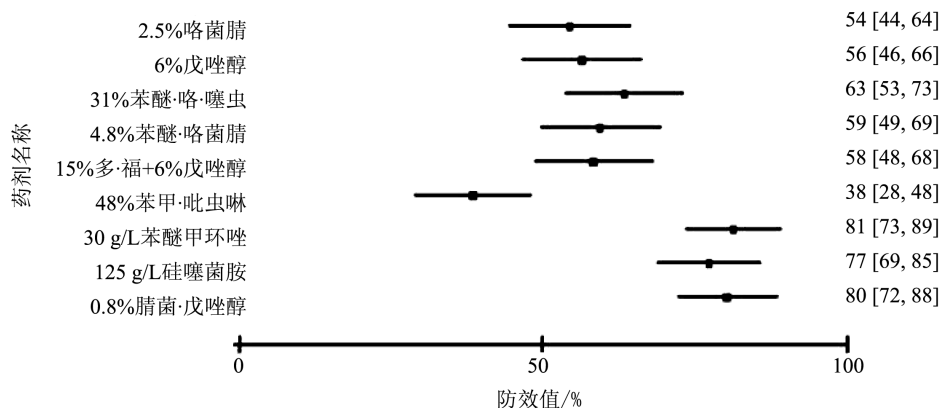
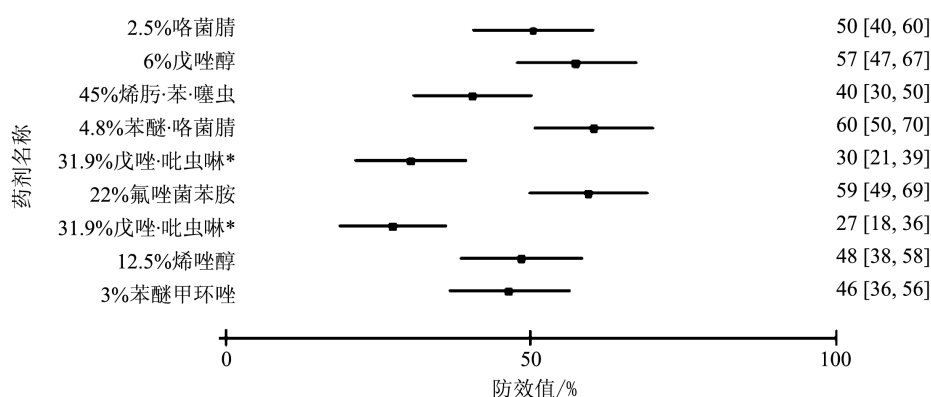


图2 不同药剂拌种防治小麦纹枯病在拔节期的防效



* 相同试剂在不同文献里出现,含量相同,但防治效果存在差异,下同。

图3 不同药剂拌种防治小麦纹枯病在抽穗期的防效

2.3 不同药剂施药一定时间后对小麦纹枯病的防效

持效期和防治效果是评价农药的重要指标,对持效期的判断可通过防治效果来确定,也可通过病情指数的变化来判断^[16]。禾谷丝核菌会危害小麦的整个生育期,筛选出持效期尽可能长和防效好的药剂可以减少农药的使用次数,减少种植者的支出^[17]。

通过 Review Manager 5.4 软件对筛选的农药数据进行分析,结果显示(图4):施药 15 d 后 125 g/L 氟环唑悬浮剂防效为 57%,防效最差;240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂防效为 90%,防效最好。同时也发现,同样是 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂,防效却差异很大。由于施药方法、用药量、环境等都会影响药剂的防效,需要我们进一步通过实验进行深入分析。

持效期长的药剂在施药 90 d 后仍然有效。例如,30%噻呋酰胺·氟环唑悬浮剂的防效为 5%,防效最差;37%井冈·蜡芽菌可湿性粉剂的防效为 72%,防效最好(图5)。通过对比发现,37%井冈·蜡芽菌可湿性粉剂在药后 15 d 的防效为 74%,而药后 90 d 防效为 72%,随着时间的延长,防效下降缓慢。由于两组数据使用量以及试验地不同,不能明确此药剂持效期的实际天数,但为我们筛选药剂提供了方向。

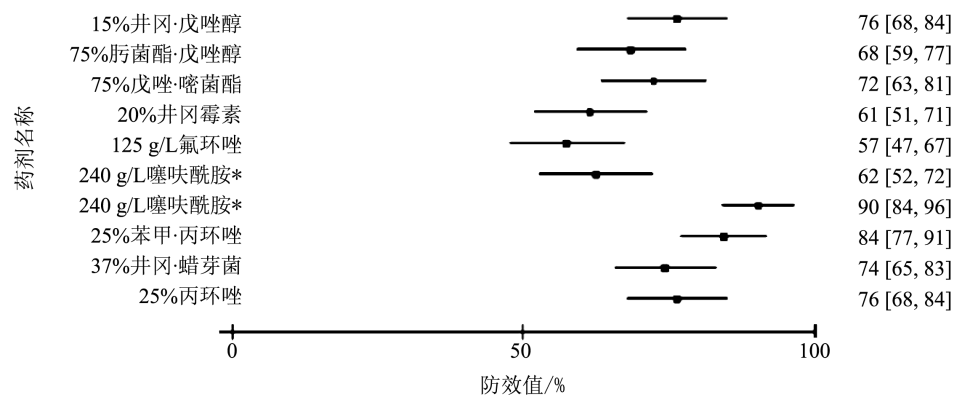


图 4 药后 15 d 病情防效

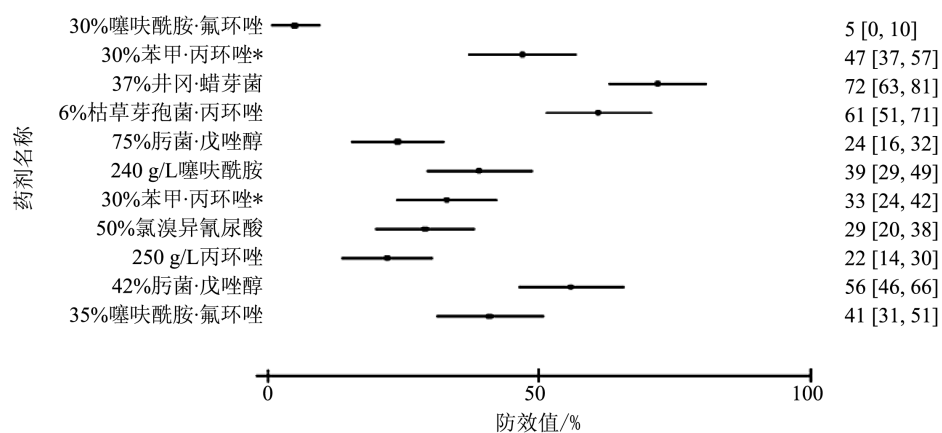


图 5 药后 90 d 病情防效

2.4 不同生物药剂对小麦纹枯病的防效分析

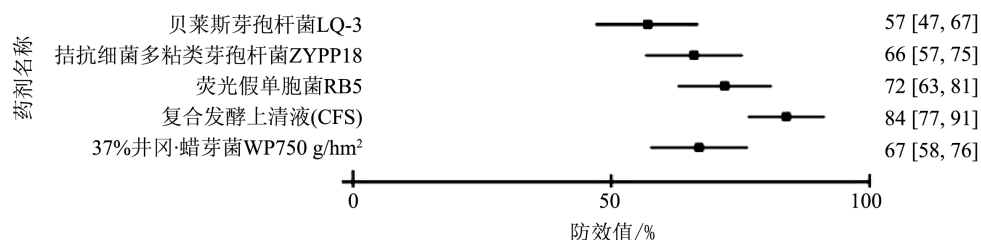
为评估不同生物药剂对小麦纹枯病的防治效果，本研究筛选了多种生物药剂，并对其防治效果进行了 Meta 分析(图 6)。

图 6 展示了不同生物药剂对小麦纹枯病的防治效果及其置信区间。三种拮抗菌株对小麦纹枯病均表现出不同程度的防治效果。其中，贝莱斯芽孢杆菌 LQ-3 的防治效果为 57%(95% CI:47%~67%)，显示出中等水平的防治能力；多粘类芽孢杆菌 ZYPP18 的防治效果提升至 66%(95% CI: 57%~75%)，虽较 LQ-3 有所增强，但仍属于中等防治水平；而荧光假单胞菌 RB5 表现出最优异的防治效果，达到 72%(95% CI: 63%~81%)，显示出良好的生防应用潜力。这一梯度变化表明不同拮抗菌株的防治效能存在显著差异，其中 RB5 菌株展现出最优异的生防特性。

值得注意的是，复合发酵上清液(CFS)的防治效果最高，达到 84%(95% CI: 77%~91%)，表明其在防治小麦纹枯病方面具有显著效果。复合发酵上清液包含荧光假单胞菌 RB5、解淀粉酵母菌 XZ20-1、白僵芽孢杆菌 XZ38-3，这些成分的协同作用可能产生了优异的防治效果。此外，37%井冈·蜡芽菌 WP750 g/hm² 的防治效果为 67%(95% CI: 58%~76%)，与拮抗细菌多粘类芽孢杆菌 ZYPP18 相近，处于中等水平。

综上所述，不同生物药剂对小麦纹枯病的防治效果存在差异。其中，复合发酵上清液

(CFS)表现出最好的防治效果,是防治小麦纹枯病的优选药剂。荧光假单胞菌 RB5 也显示出较好的防治潜力,而其他药剂的防治效果则相对中等。



注:复合发酵上清液(CFS)包括芝光假单胞菌RB5、解淀粉酵母菌XZ20-1、白僵芽孢杆菌XZ38-3

图6 不同生物药剂的防效

2.5 生物农药与化学农药防效分析

长时间单一药剂的连续使用会造成抗药性的产生,化学农药还会对环境造成污染。通过数据分析显示(图7),生物农药贝莱斯芽孢杆菌 LQ-3 和化学药剂酷拉斯的防效相近;小盾壳霉的防效可以达到 87%,高于化学药剂的防效。因此,为了给小麦纹枯病的防治提供更多的选择,延缓抗药性的产生,可以选择生物农药代替化学农药以及不同的农药轮换使用。

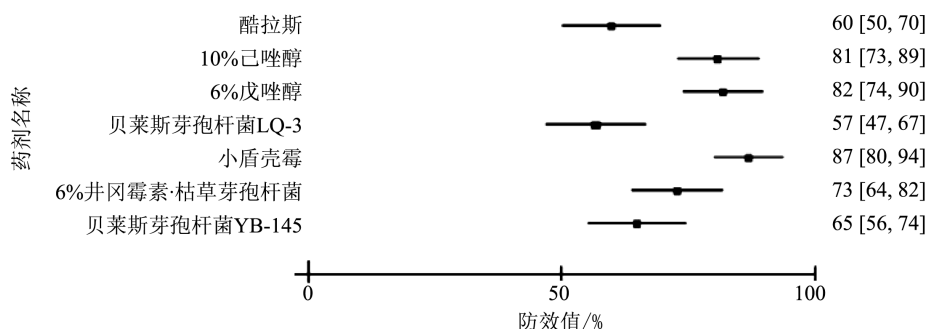


图7 生物农药与化学农药的防效

2.6 小盾壳霉不同用量与 10%己唑醇防效分析

通过生物农药与化学农药的防效分析,发现小盾壳霉对小麦纹枯病的防效达到 87%(图8),高于化学农药 6%戊唑醇防效的 82%和 10%己唑醇防效的 81%(图7)。对小盾壳霉不同用量的防效进一步经过 Meta 分析发现:小盾壳霉每 667 m² 用量为 400 g 时防效达 87%,每 667 m² 用量为 600 g 时防效达 90%,每 667 m² 用量为 800 g 时防效可达 98%,均远高于 10%己唑醇的防效(图8),这为小麦纹枯病的安全用药提供了更多选择。

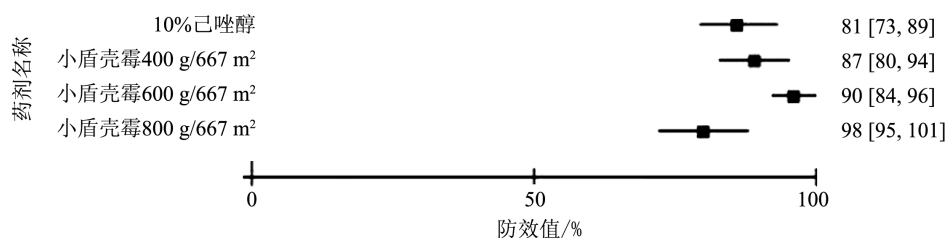


图8 小盾壳霉不同用量与化学农药的防效

3 讨论

小麦纹枯病是由禾谷丝核菌引起的土传病害。近年来,大力实施秸秆还田措施,使得残存在病残体及秸秆中越冬越夏的病原菌被带回到大田中,使得土壤中积累了大量的如禾谷丝核菌之类的土传性病原菌,导致小麦纹枯病等土传性病害在农业生产上的持续和严重发生^[21],对小麦的高产稳产造成了严重威胁。使用化学药剂可以达到高效、速效的目的,但使用化学药剂存在一定的安全隐患。比如,滥用农药会对植株产生药害,农药残留又会对农产品质量产生影响,直接威胁人类饮食健康^[22]。

本研究通过 Meta 分析,对不同的药剂、不同的使用方式、不同的生物农药、生物农药和化学农药以及随着施药时间对药剂防效的差异进行了系统分析,为小麦纹枯病防治用药选择提供了科学依据。

药剂拌种是防治小麦纹枯病发生常用的措施之一,随着小麦拌种剂的长期使用,导致部分地区小麦纹枯病出现抗药性和耐药性^[23],同时不同药剂拌种对小麦纹枯病的防治效果也存在显著差异。分析结果显示:在拔节期,30 g/L 苯醚甲环唑的防效为 81%,0.8%腈菌·戊唑醇的防效为 80%,这两种药剂效果好;在抽穗期,4.8%苯醚·咯菌腈的防效为 60%,防效较好。药剂不同,持效期就不同,适当使用持效期长的药剂,可以减少用药次数。因此,在防治小麦纹枯病时,需要综合考虑药剂类型、拌种方式、持效期等多种因素,制定科学合理的防治策略。

本研究通过 Meta 分析,系统地比较了化学药剂和生物药剂对小麦纹枯病的防治效果。其中,240 g/L 噻呋酰胺防效最好,药后 15 d 防效达 90%;小盾壳霉次之,防效达 87%,复合发酵上清液防效达 84%,高于化学药剂 10%己唑醇的 81%和 6%戊唑醇的 82%。化学药剂以其快速、高效的防治效果在短期内受到广泛欢迎,但长期使用所带来的环境问题不容忽视^[24]。本文为寻找更加环保、可持续的防治方法提供了依据。

生物药剂作为一种新型的防治手段,以其对环境友好、不易产生抗药性等优点逐渐受到重视^[25]。本研究中,复合发酵上清液,因其显著的防治效果和较高的数据可靠性,成为防治小麦纹枯病的优选药剂。研究还发现,小盾壳霉的防效随着用药量的增加而增强,当每 667 m² 用药量达到 800 g 时,防效高达 98%。然而,生物药剂的防效往往受到多种因素的影响,如环境条件、土壤类型、作物品种等。因此,在实际应用中,需要根据具体情况选择合适的生物药剂,并结合农业防治措施,如合理轮作、深耕深松、增施有机肥等,以提高防治效果^[26]。

经研究发现,随着调查时间的增加,37%井冈·蜡芽菌的防治效果从药后 15 d 后的 74% 降到药后 90 d 的 72%,效果降低速度缓慢,说明其持效期长,有利于减少农药的使用次数。但生物防治防效慢,因此,在实际生产中,可以用生物制剂对纹枯病进行预防,要注意观察纹枯病的发生情况^[27],根据实际情况进行生物药剂与化学药剂混用或轮换使用,以延缓病原菌抗药性的产生。

总之,生物药剂在小麦纹枯病的防治中展现出巨大的潜力。未来,应进一步加强对生物药剂的研究和开发,同时结合农业防治措施,探索更加高效、环保的小麦纹枯病防治方法,为保障我国小麦安全生产提供有力支持。

4 结论

本研究通过对 2019—2024 年小麦纹枯病防治的文献进行 Meta 分析,综合评估了不同化学药剂和生物药剂对小麦纹枯病的防治效果。结果表明:化学药剂,如 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂、125 g/L 氟环唑悬浮剂等,具有使用方法简单、效率高、见效快的优点。在病害大发生时,化学药剂能够快速控制病害,减少产量损失^[28]。生物药剂,如复合发酵上清液、荧光假单胞菌 RB5、小盾壳霉等,也表现出了较为显著的防治效果,且对环境友好。生物药剂的使用还可以促进土壤微生物多样性的增加,改善土壤生态环境,有利于小麦的健康生长。此外,生物药剂的持效期相对较长,能够减少农药的使用次数,有利于农业的可持续发展^[29]。化学药剂和生物药剂各有优劣,在实际应用中,应根据小麦纹枯病的发病情况、环境条件和防治成本等因素综合考虑选择合适的药剂。为了取得更好的防治效果,建议采取综合防治措施,如合理轮作、深翻土壤、加强田间管理等,以减少病原菌的积累和传播,提高小麦的抗病性^[30]。

参考文献:

- [1] 盛桂林,沈旦军,石磊,等.小盾壳霉对稻、麦纹枯病的室内生物活性及田间防效探究[J].农药科学与管理,2021,42(10):38-45,49.
- [2] 马淑梅.农作物主要病害诊断与防治[M].哈尔滨:黑龙江大学出版社,2018.
- [3] 李山东,闻剑波,张绍国,等.不同药剂种子处理防控小麦纹枯病田间药效试验[J].现代农业科技,2021(6):110-111.
- [4] 周新丰.几种杀菌剂防治小麦纹枯病试验研究初探[J].现代农村科技,2022(2):73-74.
- [5] 赵广才,常旭虹,王德梅,等.小麦一喷三防技术[J].作物杂志,2013(2):120-122.
- [6] 肖茜,闫翠梅,齐永志,等.小麦纹枯病化学和生物防治研究进展[J].农药,2020,59(9):630-635,679.
- [7] 陈斌.防治小麦纹枯病杀菌剂组合筛选及其效果研究[J].现代农业科技,2020(18):99-100.
- [8] 陈云云,李惠霞,张海英,等.萎缩芽胞杆菌 MQ19ST15 鉴定及对甘蓝枯萎病的盆栽防效[J].植物保护,2021,47(5):64-71.
- [9] YI Y J, LIU Y, LUAN P Y, et al. Compound Fermentation Supernatants of Antagonistic Bacteria Control Rhizoctonia Cerealis and Promote Wheat Growth[J]. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 2022, 32(1): 121.
- [10] 冯媛媛,申艳,徐明岗,等.施磷量与小麦产量的关系及其对土壤、气候因素的响应[J].植物营养与肥料学报,2019,25(4):683-691.
- [11] 徐寿霞.基于 meta 分析的丛枝菌根对小麦产量和品质的影响[J].草业学报,2024,33(7):192-204.
- [12] 扈进冬,刘敏敏,安淑辉,等.木霉菌剂对植物病害防治效果及其影响因素的 Meta 分析[J].安徽农业科学,2022,50(10):212-216.
- [13] 操一凡,沈宗专,刘珊珊,等. Meta 分析评估中国木霉对枯萎病防控效果及其影响因素[J].土壤学报,2019,56(3):716-727.
- [14] 应文博,刘涛,张东,等. Meta 分析评估芽孢杆菌对作物根腐病防治的效果及其影响因素[J/OL].云南民族大学学报(自然科学版),2024:1-12.(2024-05-17).<https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=YNMZ20240429002&dbname=CJFD&dbcode=CJFQ>.
- [15] 毛连纲,颜冬冬,吴篆芳,等.种子处理技术研究进展[J].中国蔬菜,2013(10):9-15.
- [16] 刘彦龙,吕宝乾,孙强,等.5种药剂对草地贪夜蛾田间防效和持效期比较[J].玉米科学,2023,31(2):143-148.

- [17] 蓝国兵,何自福,于琳,等. 16 种杀菌剂对火龙果褐腐病菌抑菌持效期及田间防效试验[J]. 广东农业科学, 2019, 46(12): 95-101.
- [18] 李蓉,洪赫,姜文筱,等. 贝莱斯芽孢杆菌 LQ-3 防治小麦纹枯病的效果及根际定殖能力[J]. 麦类作物学报, 2024, 44(7): 947-954.
- [19] LI X Y, MA S J, MENG Y, et al. Characterization of Antagonistic Bacteria *Paenibacillus polymyxa* ZYPP18 and the Effects on Plant Growth[J]. *Plants*, 2023, 12(13): 2504.
- [20] YI Y J, HOU Z P, SHI Y, et al. *Pseudomonas Fluorescens* RB5 as a Biocontrol Strain for Controlling Wheat Sheath Blight Caused by *Rhizoctonia Cerealis*[J]. *Agronomy*, 2023, 13(8): 1986.
- [21] 赵永强,徐振,张成玲,等. 稻麦秸秆全量还田对小麦纹枯病发生的影响[J]. 西南农业学报, 2017, 30(5): 1063-1067.
- [22] 吴晓辉. 小麦纹枯病全基因组关联分析及候选基因挖掘[D]. 郑州: 河南农业大学, 2022.
- [23] 柴敏. 不同拌种剂对小麦茎基腐病的防治效果对比与安全性评价[J]. 农业技术与装备, 2024(3): 30-32.
- [24] 李美霖,徐建强,杨岚,等. 中国小麦纹枯病化学防治研究进展[J]. 农药学学报, 2020, 22(3): 397-404.
- [25] 罗倩云,彭红,李玲子. 井冈霉素·枯草芽孢杆菌制剂防治小麦纹枯病的田间效果[J]. 中国农技推广, 2023, 39(7): 74-76.
- [26] 宋明梅,尹慧洁,何兰兰. 不同药剂对小麦纹枯病防治效果研究[J]. 种子科技, 2023, 41(5): 22-24.
- [27] 刘剑金,刘子仪,罗山,等. 采用生防菌 YN48 早期防控烟草黑胫病[J]. 江西农业学报, 2019, 31(4): 65-68.
- [28] 马道卓. 小麦种植中的病虫草害特征与防治措施[J]. 河南农业, 2024(14): 28-30.
- [29] 夏明聪,邓晓旭,齐红志,等. 贝莱斯芽孢杆菌 YB-145 对小麦纹枯病的防治效果及促生作用[J]. 河南农业科学, 2021, 50(10): 76-83.
- [30] 宋敬刚. 小麦高产与病虫害综合防治的实践分析[J]. 粮油与饲料科技, 2024(2): 73-75.

责任编辑 杨光明