

◆ 药效与应用 ◆

不同杀菌剂及复配剂对小麦赤霉病的田间防效

郭旭昊, 李梦雨, 姜 佳, 钱 乐, 刘圣明*

(河南科技大学园艺与植物保护学院植物保护系, 河南洛阳 471023)

摘要:为了明确不同杀菌剂对小麦赤霉病的田间防治效果, 在新乡、焦作和南阳三地进行了田间药效试验。结果表明: 单剂中125 g/L氟环唑SC 720 g/hm²和25%氰烯菌酯SC 2 400 g/hm²对小麦赤霉病的病指防效为78.84%~83.97%; 复配剂中17%唑醚·氟环唑SE 882 g/hm²和75%戊唑·嘧菌酯WG 199.5 g/hm²对小麦赤霉病的防治效果较好, 病指防效为80.41%~92.31%, 复配剂的防治效果优于单剂。该研究结果为更加高效科学防控小麦赤霉病, 降低抗性风险提供了技术支撑。

关键词:小麦赤霉病; 杀菌剂; 田间防效; 复配剂

中图分类号: S 436 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2024.01.012

Field control efficacies of different fungicides and mixtures against Fusarium head blight

GUO Xuhao, LI Mengyu, JIANG Jia, QIAN Le, LIU Shengming*

(Department of Plant Protection, College of Horticulture and Plant Protection, Henan University of Science and Technology, Henan Luoyang 471023, China)

Abstract: In order to clarify the field efficacies of different fungicides against Fusarium head blight, field trials were conducted in Xinxiang, Jiaozuo and Nanyang. The results showed that epoxiconazole 125 g/L SC 720 g/hm² and phenamacril 25% SC 2 400 g/hm² were more effective among single agents, and the disease index efficacies were 78.84%-83.97%. Pyraclostrobin · epoxiconazole 17% SE 882 g/hm² and tebuconazole · azoxystrobin 75% WG 199.5 g/hm² were more effective among mixtures, and the disease index efficiencies were 80.41%-92.31%. The results of the study provided technical support for more efficient and scientific control of Fusarium head blight and reduce the risk of fungicide resistance.

Key words: Fusarium head blight; fungicide; field efficacy; mixture

赤霉病 (Fusarium head blight, FHB) 是小麦生产中重要病害之一, 在全世界小麦种植区域均普遍发生, 严重影响小麦的产量和品质^[1]。赤霉病是由镰刀菌属真菌引起, 其中, 禾谷镰刀菌 (*Fusarium graminearum*) 和亚洲镰刀菌 (*F. asiaticum*) 是我国小麦产区的主要致病种^[2]。镰刀菌属 (*Fusarium* spp.) 真菌侵染小麦后, 能够产生雪腐镰刀菌烯醇 (nivalenol, NIV)、脱氧雪腐镰刀菌烯醇 (deoxynivalenol, DON)、玉米赤霉烯酮 (zearalenone, ZEN)、T2毒素和伏马菌素等多种真菌毒素^[3-4]。染病麦粒不仅失去种用和食

用价值, 而且食用后易造成人畜中毒, 对人类和动物健康造成严重的潜在影响^[5]。

近年来, 随着全球气候变暖和耕作制度变化, 小麦赤霉病发病区域不断扩大, 危害逐年加重^[6]。在我国, 赤霉病大流行发生的频率明显增加, 并且有北扩西移的趋势^[7]。因此, 防控小麦赤霉病对于我国的粮食安全具有重要意义。由于优质抗病种质资源的缺乏, 目前主要采用化学防治, 苯并咪唑类杀菌剂多菌灵、甾醇生物合成抑制剂类杀菌剂戊唑醇和氟环唑, 以及氰基丙烯酸酯类杀菌剂氰烯菌酯等杀菌剂是生产中

收稿日期: 2023-06-10

基金项目: 河南省科技研发计划联合基金项目 (232301420122); 洛阳市公益性行业科研专项 (2302032A); 中原青年拔尖人才 (ZYQR201912157); 河南省科技攻关计划 (222102110077)

作者简介: 郭旭昊 (1997—), 男, 河南平顶山人, 硕士研究生, 主要从事植物病害化学防治研究。E-mail: 505999646@qq.com

通信作者: 刘圣明 (1981—), 男, 河南商丘人, 博士, 教授, 主要从事杀菌剂抗性研究。E-mail: liushengmingzb@163.com

常用的防控药剂。由于长期使用作用位点单一的杀菌剂,病原菌对杀菌剂的抗性问题的发生普遍^[8-9]。为此,在新乡、焦作和南阳地区进行田间药效试验,旨在明确不同药剂对小麦赤霉病的防治效果,为降低抗药性产生的风险,更加高效科学地防控小麦赤霉病提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试药剂:40%多菌灵SC、125 g/L氟环唑SC,深圳诺普信农化股份有限公司;250 g/L戊唑醇EW、17%唑醚·氟环唑SE(吡唑醚菌酯12.3%,氟环唑4.7%),江苏龙灯化学有限公司;250 g/L啶菌酯SC、75%戊唑·啶菌酯WG(戊唑醇50%,啶菌酯25%),江阴苏利化学股份有限公司;250 g/L吡唑醚菌酯EC,浙江新农化工股份有限公司;25%氰烯菌酯SC,江苏省农药研究所股份有限公司。供试药剂由市场购入。

供试小麦品种:平安11,河南平安种业有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

试验设置13个处理,见表1。地点1:新乡市新乡县七里营镇。2018年4月11日上午第1次用药,天气晴朗;4月26日上午第2次用药;2018年5月13日调查。地点2:焦作市温县祥云镇。2018年4月28日上午第1次用药,天气晴朗;5月5日上午第2次用药;2018年5

月13日调查。地点3:南阳市镇平县。2023年4月17日上午第1次用药;4月24日上午第2次用药;2023年5月10日调查。每处理重复4次,随机区组排列。

表 1 供试药剂施用剂量

处理	制剂	制剂用量/(g/hm ²)
1	40%多菌灵SC	1 875
2	250 g/L戊唑醇EW	450
3	125 g/L氟环唑SC	720
4	250 g/L啶菌酯 SC	600
5	250 g/L吡唑醚菌酯 EC	300
6	25%氰烯菌酯SC	2 400
7	75%戊唑·啶菌酯WG	120
8	75%戊唑·啶菌酯WG	150
9	75%戊唑·啶菌酯WG	199.5
10	17%唑醚·氟环唑SE	529.5
11	17%唑醚·氟环唑SE	661.5
12	17%唑醚·氟环唑SE	882
13	清水对照	

1.2.2 调查方法与数据处理

施药后观察小麦赤霉病发生发展情况,在小麦赤霉病病情稳定后调查各试验小区的防治效果。调查采用5点取样法,每点调查200株,每个重复共调查1 000株。按照不同分级标准记录病穗数,计算病穗率防效,利用病穗数与发病严重度计算病情指数,再根据病情指数计算病指防效。试验数据采用DPS数据处理系统进行处理,方差分析采用Duncan's新复极差法。

$$\text{病穗率}/\%=\frac{\text{病穗数}}{\text{调查总穗数}}\times 100$$

(1)

$$\text{病穗率防效}\%=\frac{\text{对照区病穗数}-\text{处理区病穗数}}{\text{对照区病穗数}}\times 100$$

(2)

$$\text{病情指数}=\frac{\sum(\text{各级病穗数}\times\text{相对级数值})}{\text{调查总穗数}\times 7}$$

(3)

$$\text{病指防效}/\%=\frac{\text{空白对照病情指数}-\text{药剂处理区病情指数}}{\text{空白对照病情指数}}\times 100$$

(4)

分级标准为:0级,全穗无病;1级,病穗面积占穗总面积的1/4及以下;3级,病穗面积占穗总面积的1/4~1/2;5级,病穗面积占穗总面积的1/2~3/4;7级,病穗面积占穗总面积的3/4以上。

2 结果与分析

2.1 新乡市试验区防治效果

不同药剂对新乡市小麦赤霉病的防治效果见表2。结果显示:对照区发病严重,病情指数达0.56。

不同药剂处理对小麦赤霉病的病指防效为64.10%~92.31%。其中,处理12对小麦赤霉病的防治效果最好,病穗率防效达81.48%,病指防效为92.31%;其次是处理9,病穗率防效为74.07%,病指防效为88.46%,2个处理间差异不显著。75%戊唑·啶菌酯WG与17%唑醚·氟环唑SE随着药剂用量的增加,病穗率防效与病指防效也相应提高。单剂中,处理1的防治效果最差,病穗率防效为51.85%,病指防效为64.10%;处理6的防治效果最好,病指防效达83.97%。

表 2 新乡市小麦赤霉病的防治效果

处理	病穗率/%	病穗率防效/%	病情指数	病指防效/%	差异显著水平	
					0.05	0.01
1	0.65	51.85	0.20	64.10	d	F
2	0.45	66.67	0.15	73.08	c	DEF
3	0.43	68.52	0.10	82.69	b	BC
4	0.63	53.70	0.15	73.72	c	CDE
5	0.55	59.26	0.16	70.51	cd	EF
6	0.43	68.52	0.09	83.97	b	AB
7	0.55	59.26	0.16	71.79	e	EF
8	0.40	70.37	0.09	84.62	b	AB
9	0.35	74.07	0.06	88.46	ab	AB
10	0.60	55.56	0.18	67.95	cd	EF
11	0.45	66.67	0.10	82.05	b	BC
12	0.25	81.48	0.04	92.31	a	A
13	1.35		0.56			

注：防效数据经Duncan's新复极差法检验差异显著性，不同小写字母表示在0.05水平有显著差异，不同大写字母表示在0.01水平有显著差异。下表同。

2.2 焦作市试验区防治效果

不同药剂对焦作市小麦赤霉病的防治效果见表3。由表3可见：对照区发病严重，病情指数达2.95。不同药剂处理对小麦赤霉病的防效为59.73%~81.62%。其中，处理12的病指防效最高，达81.62%；其次是处理9，病指防效达80.41%，2个处理间差异不显

著。75%戊唑·嘧菌酯WG与17%唑醚·氟环唑SE随着药剂用量的增加，病穗率防效与病指防效均逐渐增加。单剂中，处理1的防效最差，病指防效为62.15%。处理3的防治效果最好，病指防效达79.32%；其次为处理6，病指防效达78.84%，其病穗率防效在所有处理中最高，达80.15%。

表 3 焦作市小麦赤霉病的防治效果

处理	病穗率/%	病穗率防效/%	病情指数	病指防效/%	差异显著水平	
					0.05	0.01
1	2.83	57.68	1.12	62.15	fg	DE
2	2.18	67.42	0.80	72.79	cde	ABC
3	1.63	75.66	0.61	79.32	abc	AB
4	2.35	64.79	0.98	66.87	ef	CDE
5	2.33	65.17	0.91	69.17	de	CD
6	1.33	80.15	0.63	78.84	abc	AB
7	3.03	54.68	0.99	66.51	ef	CDE
8	2.48	62.92	0.88	70.37	de	BCD
9	2.05	69.29	0.58	80.41	ab	A
10	2.78	58.43	1.19	59.73	g	E
11	2.08	68.91	0.75	74.49	bcd	ABC
12	1.50	77.53	0.54	81.62	a	A
13	6.68		2.95			

2.3 南阳市试验区防治效果

不同药剂对南阳市小麦赤霉病的防治效果见表4。结果显示，对照区病情指数达4.45，不同药剂处理对小麦赤霉病的病指防效为65.33%~86.68%。其

中，处理12对小麦赤霉病的防治效果最好，病穗率防效达82.93%，病指防效为86.68%；其次是处理9，病穗率防效为80.24%，病指防效为81.14%，2个处理间差异显著。75%戊唑·嘧菌酯WG与17%唑醚·氟环

唑SE随着药剂用量的增加,病穗率防效与病指防效也逐渐增加。单剂中,处理2、处理3和处理6的防治效果都较好,病指防效分别为79.21%、79.70%和79.61%。3个处理间差异不显著。

表 4 南阳市小麦赤霉病的防治效果

处理	病穗率/%	病穗率防效/%	病情指数	病指防效/%	差异显著水平	
					0.05	0.01
1	3.08	70.00	1.30	70.71	d	DE
2	2.20	78.54	0.93	79.21	bc	B
3	2.25	78.05	0.90	79.70	bc	B
4	3.25	68.29	1.49	66.45	e	EF
5	3.45	66.34	1.54	65.33	e	F
6	2.30	77.56	0.91	79.61	bc	B
7	2.85	72.20	1.24	72.07	d	CD
8	2.65	74.15	1.04	76.57	c	BC
9	2.03	80.24	0.84	81.14	b	B
10	3.15	69.27	1.30	70.79	d	DE
11	2.43	76.34	0.90	79.86	bc	B
12	1.75	82.93	0.59	86.68	a	A
13	10.25		4.45			

3 讨论

25%氰烯菌酯SC (制剂用量) 2 400 g/hm²在新乡、焦作和南阳防治效果均较好,病指防效分别达83.97%、78.84%和79.61%。王恒亮等^[10]发现,25%氰烯菌酯SC 750 g/hm²对小麦赤霉病的病指防效(病穗防效)为68.84%(46.86%),小麦产量增加了24.40%。谷春艳等^[11]发现7种市场主流杀菌剂中,25%氰烯菌酯SC对小麦赤霉病的田间防效显著高于其他药剂,达到77.74%,而50%多菌灵WP防效较差。本文试验中,40%多菌灵SC 1 875 g/hm²在新乡和焦作两地的防治效果均较差,可能是由于药剂频繁使用,导致小麦赤霉病菌对其产生抗药性。病原菌对杀菌剂抗性的产生是造成防效下降的主要原因之一,多菌灵、戊唑醇等药剂抗性菌株在田间早有报道^[12-14]。2021年首次在江苏省发现了对氰烯菌酯、戊唑醇和咪鲜胺的抗性菌株,其中部分菌株甚至同时具有多菌灵抗性的双重抗性菌株^[9]。因此,本研究通过验证现有产品的田间防效,监测病原菌抗性等原因导致的防效下降,为赤霉病的抗性治理提供依据。

赤霉病菌产生的DON等真菌毒素会污染小麦,而杀菌剂对其产毒能力的影响近年来也受到越来越多的关注^[15-16]。张海艳等^[17]发现,氰烯菌酯、戊唑醇及其复配剂不仅能有效控制小麦赤霉病的危害,还能降低小麦籽粒中DON毒素的含量,而吡唑醚菌酯

及其复配剂控制DON毒素含量效果相对较差。苯并咪唑类杀菌剂多菌灵对赤霉病和DON毒素防控均较差,嘧菌酯甚至会增加籽粒毒素污染。因此,多菌灵和嘧菌酯不宜单独用于赤霉病和DON的防控^[18]。本文中25%氰烯菌酯SC和125 g/L氟环唑SC在新乡、焦作和南阳地区对赤霉病均具有较好的防效,在小麦扬花期使用这2种药剂,可以在防治赤霉病的同时防控DON毒素。

4 结论

本研究在新乡、焦作和南阳地区进行不同药剂防治小麦赤霉病的田间药效试验,施药后不定期观察,在试验各处理区未发现药害症状,处理区小麦叶片、株高、灌浆等指标与清水对照区无差异,小麦生长正常。因此,可以认为在试验的剂量下各药剂对小麦生长安全。三地防治效果最好的都是17%唑醚·氟环唑SE 882 g/hm²处理,病指防效分别达92.31%、81.62%和86.68%;其次是75%戊唑·嘧菌酯WG 199.5 g/hm²处理,病指防效分别达88.46%、80.41%和81.14%。这2种药剂都出现了随着用量的增加,田间防治效果也逐渐提高的现象。因此,这2种复配药剂可以作为防控小麦赤霉病有效的药剂进行示范、推广,但在使用时要注意用量。氟环唑对小麦纹枯病有较好的防效^[19],吡唑醚菌酯、氟环唑复配,戊唑醇对小麦叶锈病有很好的防治效果^[19-20],因

此,通过施用相关药剂可以达到一药多防的目的。单剂中,125 g/L氟环唑SC 720 g/hm²和25%氰烯菌酯SC 2 400 g/hm²的防治效果较好,病指防效为78.84%~83.97%,但在使用时建议轮换用药,以延缓抗药性的产生,进一步提高防治效果。

参考文献

- [1] GOSWAMI R S, KISTLER H C. Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops[J]. Molecular Plant Pathology, 2004, 5(6): 515-525.
- [2] 徐飞, 杨共强, 王俊美, 等. 河南省小麦赤霉病菌种群组成及致病力分化[J]. 植物病理学报, 2016, 46(3): 294-303.
- [3] CHEN Y, KISTLER H C, MA Z. *Fusarium graminearum* trichothecene mycotoxins: biosynthesis, regulation, and management [J]. Annual Review of Phytopathology, 2019, 57: 15-39.
- [4] 史建荣, 仇剑波, 董飞, 等. 小麦镰刀菌毒素及其发生风险研究进展[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(2): 129-135.
- [5] ROCHA O, ANSARI K, DOOHAN F M. Effects of trichothecene mycotoxins on eukaryotic cells: a review[J]. Food Additives and Contaminants, 2005, 22(4): 369-378.
- [6] NNADI N E, CARTER D A. Climate change and the emergence of fungal pathogens[J]. PLoS Pathogens, 2021, 17(4): e1009503.
- [7] 陈云, 王建强, 杨黎明, 等. 小麦赤霉病发生危害形势及防控对策[J]. 植物保护, 2017, 43(5): 11-17.
- [8] LIU S, FU L, WANG S, et al. Carbendazim resistance of *Fusarium graminearum* from henan wheat[J]. Plant Disease, 2019, 103(10): 2536-2540.
- [9] 徐超, 陈宏州, 吴雨琦, 等. 2017年—2021年江苏省小麦赤霉病菌群体对4种杀菌剂的抗药性监测[J]. 植物保护, 2022, 48(6): 341-345.
- [10] 王恒亮, 郭艳春, 穆长安, 等. 不同杀菌剂对小麦纹枯病和赤霉病的防治效果[J]. 植物保护, 2017, 43(1): 193-198.
- [11] 谷春艳, 潘锐, 白杨, 等. 7种杀菌剂对小麦赤霉病菌的室内毒力及田间防效比较[J]. 现代农药, 2020, 19(5): 39-42.
- [12] SPOLTI P, DEL PONTE E M, DONG Y, et al. Triazole sensitivity in a contemporary population of *Fusarium graminearum* from New York wheat and competitiveness of a tebuconazole-resistant isolate[J]. Plant Disease, 2014, 98(5): 607-613.
- [13] CHEN C, WANG J, LUO Q, et al. Characterization and fitness of carbendazim-resistant strains of *Fusarium graminearum* (wheat scab)[J]. Pest Management Science, 2007, 63(12): 1201-1207.
- [14] YIN Y, LIU X, LI B, et al. Characterization of sterol demethylation inhibitor-resistant isolates of *Fusarium asiaticum* and *F. graminearum* collected from wheat in China[J]. Phytopathology, 2009, 99(5): 487-497.
- [15] DUAN Y, LU F, ZHOU Z, et al. Quinone outside inhibitors affect DON biosynthesis, mitochondrial structure and toxosome formation in *Fusarium graminearum*[J]. Journal of Hazardous Materials, 2020, 398: 122908.
- [16] MESTERHÁZY Á, VARGA M, TÓTH B, et al. Reduction of deoxynivalenol (DON) contamination by improved fungicide use in wheat. Part 1. Dependence on epidemic severity and resistance level in small plot tests with artificial inoculation[J]. European Journal of Plant Pathology, 2017, 151: 39-55.
- [17] 张海燕, 段云辉, 韩敏, 等. 几种杀菌剂防控小麦赤霉病穗腐及籽粒脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)毒素的评价[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 259-264.
- [18] 殷宪超, 武德亮, 孟旭, 等. 不同杀菌剂及其复配剂在小麦赤霉病及呕吐毒素防治中的作用[J]. 麦类作物学报, 2020, 40(10): 1275-1280.
- [19] 海飞, 李天杰, 郑伟, 等. 吡唑醚菌酯与氟环唑组合对小麦叶锈病的防效及对小麦的安全性[J]. 农药学报, 2023, 25(1): 97-103.
- [20] 孙海燕, 原征, 疏燕, 等. 不同杀菌剂对小麦赤霉病和叶锈病的防治效果[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 273-276.

(编辑:胡新宇)

(上接第 61 页)

- 间防病效果[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(2): 53-57.
- [16] 张海燕. 50%啮菌酯WG防治柑橘炭疽病的田间药效试验[J]. 南方园艺, 2015, 26(4): 24-25.
- [17] 华乃震. 聚羧酸盐分散剂在农药剂型产品中的应用[J]. 农药, 2016, 55(1): 1-8.
- [18] 魏俊峰. 煅烧高岭土的开发与应用[J]. 铀矿地质, 1998, 14(1): 58-62.
- [19] 刘广文. 农药固体制剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018: 4-11.
- [20] 顾中言, 许小龙, 韩丽娟. 作物叶片持液量与溶液表面张力的关系[J]. 江苏农业学报, 2003, 19(2): 92-95.
- [21] 宋玉莹, 曹冲, 徐博, 等. 农药雾滴在植物叶面的弹跳行为及调控技术研究进展[J]. 农药学报, 2019, 21(5-6): 895-907.
- [22] 张晨辉. 表面活性剂对液滴在靶标表面润湿粘附行为的影响机制及调控[D]. 北京: 中国农业大学, 2017.
- [23] 许文耀, 吴刚. 啮菌灵与溴菌腈混配对香蕉枯萎病菌的抑制效果[J]. 植物保护学报, 2004, 31(1): 91-95.
- [24] 陈秀双, 张殿才, 贾彦华, 等. 五氯硝基苯·溴菌腈45%粉剂防治棉花苗期病害田间药效试验[J]. 农药科学与管理, 2009, 30(10): 56-57.
- [25] 杜公福, 李汉丰, 詹园凤, 等. 海南西瓜蔓枯病原菌的鉴定及8种杀菌剂对其室内毒力测定[J]. 长江蔬菜, 2021(14): 65-69.
- [26] 农业农村部农药检定所. 中国农药信息网农药登记数据[DB/OL]. (2023-07-19)[2023-07-19]. <http://www.chinapesticide.org.cn/zwb/dataCenter>.

(编辑:顾林玲)