江苏垦区小麦赤霉病菌对多菌灵的抗性监测及其替代杀菌剂的防病效果

伏 进[1]， 朱洁琦[1]， 蒋 晴[1]， 李秀钰[1]， 张桂华[1]，
孙文忠[1]， 吴海琴[1]， 周 娟[1]， 朱祥林[1*]， 张安存[2]

（1. 江苏省农垦农业发展股份有限公司，南京 210008；2. 江苏大华种业集团有限公司，南京 210002）

摘要 近年来的调查结果表明，江苏垦区小麦赤霉病菌群体中抗多菌灵菌株的频率逐年上升，多菌灵防效逐年下降，部分农场采用多菌灵防治几乎失效。为了筛选替代多菌灵的药剂，我们在白马湖等6个农场对几种新杀菌剂进行了田间药效试验。结果表明，25%氰烯菌酯SC、40%叶菌唑SC和25%丙硫菌唑WP在所有农场都有较好的防治效果，其中25%丙硫菌唑WP对小麦赤霉病的防治效果最好，在所有农场其防效都超过80%，防治后乳熟期和成熟期病穗率变化不大。40%叶菌唑SC、25%丙硫菌唑WP以及25%氰烯菌酯SC和43%戊唑醇SC混用有显著增产作用，并能大幅度降低籽粒中DON含量。作者认为赤霉病的防治应立足种植抗(耐)病品种，扬花期选用有效杀菌剂适期进行防治。氰烯菌酯、叶菌唑和丙硫菌唑可作为多菌灵的替代药剂。

关键词 小麦赤霉病； 抗药性； 化学防治； 多菌灵； 氰烯菌酯； 丙硫菌唑； 叶菌唑； 戊唑醇

中图分类号： S 435.121.45 **文献标识码**： B **DOI**： 10.3969/j.issn.0529－1542.2017.06.035

Resistance monitoring of *Fusarium asiaticum* to carbendazim in Jiangsu state farms and the efficacy of alternative fungicides to wheat scab

Fu Jin[1]， Zhu Jieqi[1]， Jiang Qing[1]， Li Xiuyu[1]， Zhang Guihua[1]， Sun Wenzhong[1]，
Wu Haiqin[1]， Zhou Juan[1]， Zhu Xianglin[1]， Zhang Ancun[2]

（1. *Jiangsu Provincial Agricultural Reclamation and Development Corporation*, *Nanjing* 210008, *China*；
2. *Jiangsu Dahua Seed Industry Group Co. ltd*, *Nanjing* 210002, *China*）

Abstract Previous studies showed that the resistance frequency of *Fusarium asiaticum* isolates to carbendazim in Jiangsu state farms had increased in the field since 2012. The efficacy of carbendazim for controlling wheat scab had declined severely and even no control efficacy in some areas. In order to screen fungicides alternative to carbendazim, field trials were conducted in Baimahu farm and other five farms with several new fungicides. The results showed that phenamacril 25% SC, metconazole 40% SC and prothioconazole 25% WP had a higher efficacy, prothioconazole 25% WP had the best and most stable effect on wheat scab with the efficacy of above 80% in all farms, and there was no significant difference in disease incidence between milk and mature stage of wheat. Metconazole 40% SC, prothioconazole 25% WP and mixture of phenamacril 25% SC and tebuconazole 43% SC sprayed at anthesis stage reduced DON content and increased wheat yield significantly. The authors suggested that the strategy for wheat scab control should depend on culturing resistant or tolerant wheat varieties and spraying effective fungicides alternately at anthesis stage of wheat. Metconazole, prothioconazole and phenamacril can be used as alternatives to carbendazim.

Key words wheat scab; fungicide resistance; chemical control; carbendazim; phenamacril; prothioconazole; metconazole; tebuconazole

赤霉病是江苏垦区小麦生产中的重要病害之一，除了严重影响小麦产量，病菌还可产生多种毒素，威胁人畜健康，甚至使小麦籽粒失去应用价值[1]。该病害由禾谷镰孢菌复合种(*Fusarium* spp. complex)

收稿日期： 2017－01－22 **修订日期**： 2017－03－11
基金项目： 江苏省农垦农业发展股份有限公司农业科技项目
* 通信作者 E-mail：1033543500@qq.com

引起,在长江中下游地区以亚洲镰孢菌 *Fusarium asiaticum*,[有性型 *Gibberella zeae*(Schw.)Petch]为优势种[2]。据白马湖农场资料,2008 年以来小麦赤霉病中等以上程度发生的频率已上升到 1～2 年 1 次。通过高强度、高质量的防治,虽然可以减轻危害与损失,但还有相当比例麦田产量损失严重。种植抗(耐)病品种可以减轻赤霉病的发生和危害,但目前可利用的抗病品种不多,生产上主要还是依靠化学防治[3-5]。多菌灵及其复配药剂是最常用的防治药剂,但是在田间已出现多菌灵抗性菌株[6-7]。为了解江苏垦区赤霉病菌抗药性频率、多菌灵防治效果和筛选可替代多菌灵的杀菌剂品种,垦区自 2010 年开始组织调查抗药性菌株发生频率,了解抗性发展动态,并开展了一系列杀菌剂药效试验,从而为防治决策提供依据。

1　材料与方法

1.1　材料

供试药剂:40%多菌灵悬浮剂(SC),苏州遍净植保科技有限公司生产;50%咪鲜胺可湿性粉剂(WP),江苏辉丰农化股份有限公司;43%戊唑醇悬浮剂(SC),盐城利民农化有限公司生产;25%氰烯菌酯悬浮剂(SC),江苏省农药研究所股份有限公司生产;25%丙硫菌唑可湿性粉剂(WP),南京惠宇农化有限公司加工;40%叶菌唑悬浮剂(SC),南京南农农药科技发展有限公司生产。

供试作物:小麦,多菌灵用量试验品种为'华麦 1 号';药剂筛选试验品种为'淮麦 22',均由江苏大华种业集团有限公司提供。

1.2　试验方法

1.2.1　病菌抗药性菌株频率测定

白马湖农场常年稻麦轮作。2010－2016 年,每年 4 月上旬(小麦拔节期)选择 10 块往年赤霉病严重的田块,每块田采集 20 个带有子囊壳的稻桩,去除泥土和根须,晒干后装入信封,寄至浙江大学马忠华教授处,委托其进行稻桩子囊壳分离菌多菌灵抗性监测;并于小麦灌浆期或成熟期,按不同监测目的,在自然发病区和两次喷施 40%多菌灵悬浮剂有效成分 750 g/hm^2 处理区随机采集赤霉病病穗,每个区域采集 100 个病穗,每个病穗分装于 1 个干净的纸质样品袋里,防止交叉感染,寄至南京农业大学周明国教授处,委托其进行病穗分离菌多菌灵抗性监测。

多菌灵抗性菌株的监测采用区分剂量法。以 5.0 mg/L 多菌灵作为鉴别剂量。将供试菌株在无药 PSA 平板上于 25℃下培养 3 d 后,用打孔器在菌落边缘切取直径为 5 mm 的菌丝块,接种至含 5.0 mg/L 多菌灵的 PSA 平板上,于 25℃下培养 3 d,检查病菌的生长情况。菌丝能生长并能形成菌落的为抗性菌株。

抗药性倍数＝药剂对抗药突变体菌株的 EC_{50}/药剂对原始菌株的 EC_{50}。

1.2.2　田间药效试验

2015 年 4 月 25 日(小麦扬花初期)在白马湖农场进行多菌灵用量试验,设 40%多菌灵 SC 750、937.5、1 125 g/hm^2(均为有效剂量,下同)3 个剂量处理和清水对照,共 4 个处理。分别于扬花初期和扬花盛期喷药,用水量 450 L/hm^2。每处理重复 4 次,小区面积 30 m^2,随机区组排列。分别于第二次喷药后 15 d(小麦乳熟期)和 30 d(小麦成熟期)调查病穗率、病情指数和防治效果。

2016 年替代药剂筛选试验在垦区多个农场联合实施,按照《农药田间药效试验准则第 15 部分:杀菌剂防治小麦赤霉病 NY/T1464.15－2007》的要求进行。各处理重复 4 次,小区面积 30 m^2,随机区组排列。分别于扬花初期和扬花盛期两次喷药,采用电动喷雾器进行喷雾,用水量 450 L/hm^2。第二次喷药后 15 d(小麦乳熟期)调查病穗率、病情指数和防治效果,白马湖农场第二次施药后 30 d(小麦成熟期)增加一次防效调查。成熟期每小区取 200 个麦穗,测定单穗产量。小麦籽粒扬净晒干后利用气相色谱法测定脱氧雪腐镰刀菌烯醇 DON 含量。

赤霉病病情分级标准为 0 级:全穗发病;1 级:病小穗占全穗的 1/4 以下;2 级:病小穗占全穗的 1/4～1/2;3 级:病小穗占全穗的 1/2 以上～3/4;4 级:病小穗占全穗的 3/4 以上。计算公式如下:

病情指数＝100×Σ(病穗数×病级)/(调查总穗数×4);

防治效果(%)＝100×(对照病指或病穗率－处理病指或病穗率)/对照病指或病穗率。

1.3　数据处理

试验数据在 DPS 7.05 软件中采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

2　结果与分析

2.1　垦区多菌灵抗性赤霉病菌频率、抗性水平和致病能力

2010 年以前已在垦区多个农场的小麦病穗中多次检测到抗多菌灵致病菌,抗性菌株频率一般在

10%以下。2010 年以后随赤霉病发生加重,抗性菌株比例迅速上升。白马湖农场 2010 年未防治的自然发病的病穗上分离的抗性菌株频率为 7.61%,2011 年 11.70%,2012 年 16.20%,2015 年 56.88%,2016 年达到 66.25%(表 1)。

两次喷施 40%多菌灵 SC 750 g/hm^2 后,白马湖农场 2015 年抗性菌株比例接近 98%,2016 年分离菌株全部为抗性菌(表 1)。结果表明多菌灵的使用可提高抗性菌株的比例。

表 1 稻桩子囊壳与小麦病穗分离菌中多菌灵抗性菌株比例(白马湖农场)1)

Table 1 Resistance frequency of *Gibberella zeae* ascospore from rice stake and *Fusarium asiaticum* isolates from wheat to carbendazim in Baimahu farm

年度 Year	抗多菌灵菌株比例/% Resistance frequency to carbendazim		
	稻桩子囊孢子 Ascospore from rice stake	麦穗分离菌 Isolate from wheat ear	
		自然发病区 Natural disease area	多菌灵两次防治区 Areas with two preventions by carbendazim
2010	未测定	7.61	33.33
2011	未测定	11.70	54.17
2012	15.00	16.20	64.26
2015	54.55	56.88	97.98
2016	45.16	66.25	100.00

1) 稻桩子囊壳分离菌多菌灵抗性监测数据由浙江大学马忠华教授提供,病穗分离菌多菌灵抗性数据由南京农业大学周明国教授提供。
The data of resistance frequency of *Gibberella zeae* ascospore from rice stake to carbendazim were provided by Prof. Ma Zhonghua from Zhejiang University, and the data of resistance frequency to *Fusarium asiaticum* isolates from wheat ear to carbendazim were provided by Prof. Zhou Mingguo from Nanjing Agricultural University.

2.2 抗性菌株频率上升条件下多菌灵对小麦赤霉病的防治效果

2.2.1 多菌灵的防病效果下降

多菌灵一直是垦区小麦生产中防治赤霉病的主要药剂,对赤霉病有较高且稳定的效果,防效一般在 75%以上。2008 年以前,感病品种扬花期两次喷洒 40%多菌灵 SC 750 g/hm^2,防效一般在 70%以上(表 2),2010 年、2012 年的防效有下降趋势,2014 年防效跌至 10%以下,病穗率与不防治对照区十分接近,说明随着抗药性菌株频率的上升,多菌灵的防效下降。在抗性菌株频率达到 50%左右,防治趋于失败。

表 2 不同年度 40%多菌灵悬浮剂有效剂量 750 g/hm^2 两次防治后防效(白马湖农场)

Table 2 Control efficacies of carbendazim 40% SC at 750 g/hm^2 sprayed twice against Fusarium head blight (FHB) of wheat in different years in Baimahu farm

年度 Year	小麦品种 Variety	病穗率/% Rate of diseased ears		防效/% Control efficacy
		对照 Control	多菌灵 Carbendazim	
2006	淮麦 18	30.68	8.88	71.06
2008	华麦 1 号	77.27	20.75	73.15
2010	华麦 1 号	97.00	33.40	65.57
2012	皖麦 50	93.42	38.27	59.03
2014	华麦 4 号	50.36	48.84	3.02
2016	淮麦 22	74.92	74.27	0.87

2.2.2 增加多菌灵用量不能显著提高防病效果

根据 2015 年 5 月 20 日调查,'华麦 4 号'上 40%多菌灵 SC 750 g/ hm^2 处理的病穗率防效为 29.94%,病指防效为 30.44%,当多菌灵用量提高至 1 125 g/hm^2,病穗率防效为 26.16%,病指防效为 27.87%。尽管多菌灵用量增加了 50%,但防治效果没有明显提高。小麦成熟期跟踪调查,40%多菌灵 SC 750 g/hm^2 处理区的病穗率为 75.53%,1 125 g/hm^2 处理区的病穗率为 77.69%,对照区发病率 87.56%,2 个用量的防效基本一致。

2.3 氰烯菌酯等新杀菌剂防治小麦赤霉病的效果

2.3.1 不同杀菌剂防治赤霉病的效果

2016 年多个农场联合试验发现,25%丙硫菌唑 WP 240 g/hm^2 防治效果最好,病穗率防效在 80%~95%之间,平均防效为 86.54%。其次为 40%叶菌唑 SC 150 g/hm^2,平均防效为 75.12%,两者差异不显著。25%氰烯菌酯 SC 375 g/hm^2 平均防效为 68.99%,仅次于 40%叶菌唑 SC 和 25%丙硫菌唑 WP(表 3)。43%戊唑醇 SC 的防效显著低于 40%叶菌唑 SC、25%丙硫菌唑 WP。40%多菌灵 SC 防效在农场间差异大,盐城北部和连云港农场的防效较好,接近 25%氰烯菌酯 SC,但差于 40%叶菌唑 SC、25%丙硫菌唑 WP。

白马湖农场小麦成熟期逐穗脱粒检查,结果发现所有处理病穗率都较乳熟期有不同程度上升(表 4),40%多菌灵 SC 处理区上升 30 多百分点,与对照趋于一致,病穗率防效仅 0.87%;43%戊唑醇 SC 和 50%咪鲜胺 WP 处理防效不理想,后期发病率明显上升,防效下降 20 百分点左右;40%叶菌唑悬浮剂防效下降 10 百分点左右;说明药剂没能完全阻止病菌侵染,只是暂时抑制了病菌生长,后期有小穗被侵染发病,只是外观上不容易识别而已。25%氰烯菌酯 SC 和 25%丙硫菌唑 WP 发病率增幅小,防效变化不大。

表 3　江苏垦区不同杀菌剂乳熟期病穗率防效比较(2016 年 5 月)[1)]

Table 3　Control efficacies of different fungicides against FHB in milk stage in Jiangsu state farm in May, 2016

供试药剂 Tested fungicide	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Effective dose	防效/% Control efficacy						平均防效/% Average control efficacy
		东辛 Dongxin	黄海 Huanghai	临海 Linhai	新洋 Xinyang	白马湖 Baimahu	三河 Sanhe	
40%多菌灵 SC carbendazim 40% SC	750	65.42	71.36	61.67	27.68	20.88	26.46	45.58 d
25%氰烯菌酯 SC phenamacril 25% SC	375	63.19	75.39	79.17	43.57	75.03	77.59	68.99 bc
40%叶菌唑 SC metconazole 40% SC	150	72.24	72.56	75.83	60.00	77.09	92.98	75.12 ab
25%丙硫菌唑 WP prothioconazole 25% WP	240	82.23	81.76	95.00	82.47	87.32	90.45	86.54 a
43%戊唑醇 SC tebuconazole 43% SC	322.5	42.81	64.34	53.33	49.05	72.79	56.40	56.45 cd

1) 同列数据后不同字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。
Data with different letters in the same column were significantly different at 0.05 level by Duncan's new multiple range test. The same below.

表 4　乳熟期和成熟期防效比较(2016 年白马湖农场)

Table 4　Control efficacies of different fungicides against FHB in milk stage and mature stage in Baimahu farm in 2016

供试药剂 Tested fungicide	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Effective dose	病穗率/% Diseased ears rate		乳熟期防效/% Control efficacy in milk stage	成熟期防效/% Control efficacy in mature stage	防效下降幅度/% Descent range of control efficacy
		乳熟期 Milk stage	成熟期 Mature stage			
40%多菌灵 SC carbendazim 40% SC	750	40.82	74.27	20.88 d	0.87 f	20.01
25%氰烯菌酯 SC phenamacril 25% SC	375	12.88	17.33	75.03 b	76.87 b	−1.84
40%叶菌唑 SC metconazole 40% SC	150	11.82	24.73	77.09 b	66.99 c	10.10
25%丙硫菌唑 WP prothioconazole 25% WP	240	6.54	8.47	87.32 a	88.69 a	−1.37
43%戊唑醇悬浮剂 tebuconazole 43% SC	322.5	14.04	35.68	72.79 b	52.37 d	20.42
50%咪鲜胺 WP prochloraz 50% WP	300	21.10	44.38	59.10 c	40.76 e	18.34
对照 CK	—	51.59	74.92	—	—	—

2.3.2　丙硫菌唑用量与防效

新洋农场 25%丙硫菌唑 WP 有效成分 180、240、300 g/hm² 的病指防效分别为 76.62%、83.75%和 92.69%,用量增加防效提高, 300 g/hm² 处理防效最高,显著高于其他处理。三河农场 25%丙硫菌唑 WP 3 个用量的病指防效趋势与新洋农场一致,以 300 g/hm² 处理防效最高,防效为 93.73%(表 5)。

表 5　丙硫菌唑用量与防效(2016 年)

Table 5　Control efficacies of prothioconazole at different doses against FHB in 2016

供试药剂 Tested fungicide	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Effective dose	病情指数 Disease index		防治效果/% Control efficacy	
		新洋 Xinyang	三河 Sanhe	新洋 Xinyang	三河 Sanhe
25%丙硫菌唑 WP prothioconazole 25% WP	180	3.96	2.05	76.62 b	86.55 b
25%丙硫菌唑 WP prothioconazole 25% WP	240	2.75	1.21	83.75 b	92.95 a
25%丙硫菌唑 WP prothioconazole 25% WP	300	1.24	0.95	92.69 a	93.73 a
对照 CK	—	16.94	15.21	—	—

2.3.3　叶菌唑用量与防效

白马湖农场赤霉病显症高峰后乳熟期调查(5 月 22 日),40%叶菌唑 SC 150 g/hm² 的防效为 77.09%,与 25%氰烯菌酯 SC 375 g/hm² 基本一致,差异不显著。降低用量,效果明显下降,成熟期防效下降更明显(表 6)。

表 6 叶菌唑不同用量、不同时期发病率与效果(2016 年白马湖农场)

Table 6 Control efficacies of metconazole at different doses and planting stages against FHB in Baimahu farm in 2016

供试药剂 Tested fungicide	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Effective dose	病穗率/% Diseased ears rate		防效/% Control efficacy	
		乳熟期 Milk stage	成熟期 Mature stage	乳熟期 Milk stage	成熟期 Mature stage
40%叶菌唑 SC metconazole 40% SC	90	21.96	38.38	57.43 b	48.77 c
	120	19.78	35.42	61.66 b	52.72 c
	150	11.82	24.73	77.09 a	66.99 b
25%氰烯菌酯 SC phenamacril 25% SC	375	12.88	17.33	75.03 a	76.87 a
对照 CK	—	51.59	74.92	—	—

2.4 不同杀菌剂处理小麦产量

小麦抽穗期穗数已经稳定,产量完全决定于单穗生产能力。结果表明,供试杀菌剂均可增加单穗产量(表 7)。40%叶菌唑 SC 和 25%丙硫菌唑 WP 增幅最高,均达 40.10%,25%氰烯菌酯 SC 与 43%戊唑醇 SC 混用的增产效果,明显高于其单用的增产效果,与 40%叶菌唑 SC 和 25%丙硫菌唑 WP 的效果相当,多菌灵增产效果最低,仅为 15.04%。

表 7 不同药剂或配方药剂处理下单穗产量(2016 年)

Table 7 Effect of different fungicides on yield of one wheat ear in 2016

供试药剂 Tested fungicide	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Effective dose	单穗产量/g Yield per spike				平均产量/g Average yield	增产率/% Increase ratio
		临海 Linhai	新洋 Xinyang	白马湖 Baimahu	三河 Sanhe		
40%多菌灵 SC carbendazim 40% SC	750	1.60	1.86	1.13	1.39	(1.50±0.31)ab	15.04
25%氰烯菌酯 SC phenamacril 25% SC	375	1.68	1.96	1.42	1.49	(1.64±0.24)ab	26.02
40%叶菌唑 SC metconazole 40% SC	150	2.10	1.98	1.56	1.65	(1.82±0.26)a	40.10
25%丙硫菌唑 WP prothioconazole 25% WP	240	2.00	2.02	1.60	1.67	(1.82±0.22)a	40.10
43%戊唑醇 SC tebuconazole 43% SC	322.5	1.90	1.94	1.58	1.49	(1.73±0.23)a	32.88
25%氰烯菌酯 SC+43%戊唑醇 SC phenamacril 25% SC+tebuconazole 43% SC	240+161.25	2.00	2.08	1.66	1.53	(1.82±0.26)a	39.90
对照 CK	—	1.48	1.44	1.08	1.20	(1.30±0.19)b	—

2.5 喷施杀菌剂后小麦籽粒 DON 含量

喷施杀菌剂后小麦籽粒中脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)含量明显下降。杀菌剂单用下降幅度最大的是 25%氰烯菌酯 SC 和 25%丙硫菌唑 WP,籽粒 DON 含量分别较对照减少 86.16%和 85.46%。减少 25%氰烯菌酯 SC 含量后与 43%戊唑醇 SC 混用效果也很好,DON 降幅达到 86.02%(表 8)。

表 8 不同药剂与配方防治后籽粒 DON 含量[1)]

Table 8 Effect of different fungicides and mixtures on the toxin DON in wheat

供试药剂 Tested fungicide	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Effective dose	防治区域 Control area	DON 平均含量/mg·kg⁻¹ Average content of DON		较对照降幅/% Descent range
			对照区 Control	处理区 Treatment	
40%多菌灵 SC carbendazim 40% SC	750	白、新、黄、临	15.33	6.18	59.7
25%氰烯菌酯 SC phenamacril 25% SC	375	白、新、黄	17.05	2.36	86.16
40%叶菌唑 SC metconazole 40% SC	150	白、新、黄	18.01	3.33	81.52
25%丙硫菌唑 WP prothioconazole 25% WP	240	白、新、三	17.62	2.56	85.46
43%戊唑醇 SC tebuconazole 43% SC	322.5	白、新	15.98	4.87	69.55
25%氰烯菌酯 SC+43%戊唑醇 SC phenamacril 25% SC+tebuconazole 43% SC	240+161.25	白、黄、临	16.94	2.37	86.02

1) 表格中白、新、黄、临、三分别为白马湖农场、新洋农场、黄海农场、临海农场和三河农场简称。
Bai, Xin, Huang, Lin, San represent Baimahu farm, Xinyang farm, Huanghai farm, Linhai farm and Sanhe farm respectively.

因不同农场赤霉菌菌株对多菌灵的抗性不同,施用 40%多菌灵 SC 后小麦籽粒中 DON 毒素含量降幅差异较大,黄海农场 40%多菌灵 SC 750 g/hm² 处理降低 DON 积累的效果最好,达 81.39%,白马湖农场降低 DON 积累的效果最差,只有 36.61%。总的来说,DON 下降幅度与防治效果趋势一致。

3　结论与讨论

病穗和稻桩上子囊壳分离菌株抗药性测定表明,2010 年以前,抗多菌灵赤霉病菌群体在江苏农垦已普遍发生,抗性菌株的比例不高,多菌灵还有较好的防效。2010 年以后由于赤霉病发生加重,为确保赤霉病不造成损失,垦区大剂量、高频率使用多菌灵,巨大的选择压力导致抗性菌株比例迅速提高。从地理分布看,淮南农场抗药性菌株比例高,病穗中抗多菌灵菌株比例高达 98%以上,敏感菌几乎全部被抑制,多菌灵防效很低,多菌灵在这些农场继续使用意义不大。连云港、盐城北部农场多菌灵抗性菌株比例在 20%左右,抗药菌株频率相当于淮南农场 5～6 年前水平,不积极主动治理难免重蹈淮南农场的老路。垦区应主动修改生产操作规程,使用替代药剂防治小麦赤霉病,以此作为抗药性治理、提高防治效果的手段。

试验发现,25%氰烯菌酯 SC、40%叶菌唑 SC 和 25%丙硫菌唑 WP 对小麦赤霉病的防治效果为 70%～85%,其中 25%丙硫菌唑 WP 的防效最高也最稳定。三种药剂的防效与病菌未产生抗性时多菌灵的防效相当。2014－2016 年三年检测没有发现对氰烯菌酯和戊唑醇产生抗药性菌株。叶菌唑、丙硫菌唑与戊唑醇作用机制相似,说明病菌对这几个药剂还未产生抗性,可以选择使用。试验期间,43%戊唑醇 SC 322.5 g/hm² 防效波动较大,与 25%氰烯菌酯 SC 等有较大差距,单独使用控病效果不好。43%戊唑醇 SC 登记使用剂量只有 105～150 g/hm²,不足我们试验用量的 50%,按此剂量使用效果将更低。43%戊唑醇 SC 有效成分用量 322.5 g/hm² 对小麦安全,且增产显著,多点、多年表现一致。相比于对照区,处理区健穗增产接近 10%。氰烯菌酯是赤霉病防治的成熟品种,防效高且后期发病增加不多,但多雨年份其他次要病害发生重会导致结实减少。氰烯菌酯与戊唑醇联合应用解决了杀菌谱不广的问题,防效明显提高,仅次于丙硫菌唑,增产作用与丙硫菌唑、叶菌唑相当。

赤霉病流行程度越重,药剂防效越低,自然发病率超过 60%,依靠药剂把病穗率控制在 10%以下有很大难度,有时虽然病指防效能达到 80%～90%,产量也比较理想,但籽粒中赤霉病菌产生的毒素依然很高。2014 年、2016 年小区取样测定小麦籽粒中脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)含量,52 个样本中,低于 DON 含量国家标准 1 mg/kg 以下样品只有 2 个。不同小麦品种,即使发病程度接近,其 DON 含量差异也很大。'华麦 4 号'不施药对照样品的 DON 含量为 55.11 mg/kg,'淮麦 22'只有 10.5 mg/kg,说明小麦品种对籽粒毒素积累影响也很大。因此控制赤霉病危害、解决真菌毒素超标问题,单靠杀菌剂是十分困难的。垦区首先应依靠品种的抗性,在不同生态区种植发病相对较轻的小麦品种,以减轻流行程度。在这基础上根据品种抗性、常年发病程度确定药剂防治方案。氰烯菌酯和戊唑醇混用或使用氰烯菌酯复配剂是防治赤霉病比较现实的选择,可根据小麦品种抗性水平和常年发病程度确定配方剂量,建议 43%戊唑醇 SC 不低于 161.25 g/hm²、25%氰烯菌酯 SC 用量不低于 240 g/hm²。叶菌唑、丙硫菌唑、叶菌唑目前国内没有登记,垦区可积极开展应用技术研究。

参考文献

[1] 史建荣,刘馨,仇建波,等. 小麦中禾谷镰刀菌毒素脱氧雪腐镰刀菌烯醇污染现状与防控研究进展[J]. 中国农业科学,2014,47(18):3641－3654.

[2] Zhang H, Lee T V D, Waalwijk C, et al. Population analysis of the *Fusarium graminearum* species complex from wheat in china show a shift to more aggressive isolates [J]. PLoS ONE, 2012, 7(2): e31722.

[3] 李恒奎,周明国,王建新,等. 氰烯菌酯防治小麦赤霉病及治理多菌灵抗药性研究[J]. 农药,2006,45(2):92－103.

[4] 韩青梅,康振生,段双科. 戊唑醇与羟菌唑对小麦赤霉病的防治效果及对小麦产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(7):40－44.

[5] 邵振润,周明国,仇建波,等. 2010 年小麦赤霉病发生与抗性调查研究及防控对策[J]. 农药,2011,50(5):385－389.

[6] 周明国. 中国植物病害化学防治研究(第七卷)[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2012.

[7] 王建新,周明国,陆悦健,等. 小麦赤霉病菌抗药性群体动态及治理药剂[J]. 南京农业大学学报,2002,25(1):43－47.

(责任编辑:杨明丽)