3 种新型生物产品及复配杀菌剂防治小麦赤霉病的研究

向礼波[1]， 石 磊[2]， 徐 东[3]， 宋远胜[4]， 薛敏峰[1]，
龚双军[1*]， 杨立军[1*]， 喻大昭[1]

（1. 湖北省农业科学院植保土肥研究所，农业农村部华中作物有害生物综合治理重点实验室，农作物重大病虫草害防控湖北省重点实验室，武汉 430064； 2. 湖北省襄阳市植物保护站，襄阳 441100；3. 湖北省襄阳市襄州区植物保护站，襄阳 441100；4. 湖北省荆州市纪南农业服务中心，荆州 434034）

摘要 为筛选防治小麦赤霉病的新型生物产品及其减药增效配方，于 2016 年分别在湖北襄阳和荆州开展田间试验。评价了植物免疫蛋白质生物农药 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂、诱抗剂 0.5%大黄素甲醚水剂和生物刺激素爱诺森可溶液剂对赤霉病的防治效果，筛选了上述 3 种生物产品与常规化学农药 430 g/L 戊唑醇悬浮剂、25%咪鲜胺乳油和 50%多菌灵可湿性粉剂减药增效组合配方。结果表明：6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂和 0.5%大黄素甲醚水剂处理的防效分别在 20.18%～24.37%和 18.32%～22.98%之间，爱诺森处理对小麦赤霉病无防治效果。430 g/L 戊唑醇悬浮剂、25%咪鲜胺乳油和 50%多菌灵可湿性粉剂等 3 种杀菌剂减量 20%分别与寡糖·链蛋白、大黄素甲醚和爱诺森复配田间防效表明，50%多菌灵可湿性粉剂减量 20%与寡糖·链蛋白、大黄素甲醚和爱诺森 3 种生物产品复配处理的病情指数在 3.34～7.81，防治效果在 63.99%～77.56%，其增效范围在 3.22%～47.59%，与 430 g/L 戊唑醇悬浮剂未减药用量的防效相当（$P>0.05$）。50%多菌灵可湿性粉剂减量 20%与寡糖·链蛋白、大黄素甲醚和爱诺森 3 种生物产品复配处理的产量显著高于未减药的多菌灵处理产量（$P<0.05$），增产幅度在 3.74%～9.28%之间。430 g/L 戊唑醇悬浮剂和 25%咪鲜胺乳油减量 20%与寡糖·链蛋白、大黄素甲醚和爱诺森 3 种生物产品复配处理的防效和增产效果趋势不显著。

关键词 小麦赤霉病； 减药增效； 生物农药； 寡糖·链蛋白； 大黄素甲醚

中图分类号： S 435.121.45 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2020185

Control effect of three new biological products and mixture fungicides on Fusarium head blight

XIANG Libo[1]， SHI Lei[2]， XU Dong[3]， SONG Yuansheng[4]， XUE Minfeng[1]，
GONG Shuangjun[1*]， YANG Lijun[1*]， YU Dazhao[1]

（1. *Institute of Plant Protection and Soil Fertilizer*，*Hubei Academy of Agricultural Sciences*，*Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Central China*，*Ministry of Agriculture and Rural Affairs*，*Hubei Key Laboratory of Crop Disease*，*Insect Pests and Weeds Control*，*Wuhan* 430064，*China*；2. *Plant Protection Station of Xiangyang City*，*Hubei Province*，*Xiangyang* 441100，*China*；3. *Plant Protection Station of Xiangzhou District Xiangyang City*，*Hubei Province*，*Xiangyang* 441100，*China*；4. *Jinan Agricultural Service Center of Jingzhou*，*Hubei Province*，*Jingzhou* 434034，*China*）

Abstract In order to screen new biological products and related formulations against Fusarium head blight (FHB) for reducing fungicides while increasing efficacy, the effects of plant immune protein oligosaccharins · plant activator protein 6% WP, inducer physcion 0.5% AS and biostimulator Enersol SL were evaluated for controlling FHB in Xiangyang and Jingzhou of Hubei province in 2016. The synergistic formulas of oligosaccharins · plant activator protein, physcion and Enersol with 430 g/L tebuconazole SC, 20% prochloraz EC and 50% carbendazim

收稿日期： 2020－04－08 **修订日期：** 2020－05－22
基金项目： 国家重点研发计划（2018YFD0200500）；国家现代农业（小麦）产业技术体系（CARS-3-1-2）；湖北省农业科技创新中心项目（2016-620-000-001-015）；湖北省农科院领军人才计划（L2018013）
* 通信作者 E-mail：龚双军 gsj204@126.com，杨立军 yanglijun1993@163.com

WP was screened as well. The results showed that the control efficacies of oligosaccharins · plant activator protein and physcion were between 20.18%－24.37% and 18.32%－22.98%, respectively, while Enersol had no control effect on FHB. The control effects of the 430 g/L tebuconazole SC, 25% prochloraz EC and 50% carbendazim WP reduced 20% dosage with oligosaccharide · catenin, physcion and Enersol was conducted. The disease index of carbendazim with 20% reduction mixed with oligosaccharins · plant activator protein, physcion and Enersol was between 3.34 and 7.81, and efficacy was between 63.99% and 77.56%, and the synergy ranged from 3.22% to 47.59%. Furthermore, the control efficacy of oligosaccharins · plant activator protein and physcion was similar to that of tebuconazole without reducing dosage 20% off ($P>0.05$). The yield of the treatment of carbendazim with 20% reduction mixed with oligosaccharins · plant activator protein, physcion and Enersol increased by 3.74%－9.28%, significantly higher than the treatment without reduction ($P<0.05$). 430 g/L tebuconazole SC and prochloraz 25% EC with 20% reduction mixed with oligosaccharins · plant activator protein, physcion and Enersol showed no significant differences in control efficacy and wheat production.

Key words　Fusarium head blight;　reducing fungicide and increasing efficacy;　biofungicide;　oligosaccharins · plant activator protein;　physcion

赤霉病是对小麦生产危害较大的一种真菌性病害。近年来随着气候变化和秸秆还田等耕作制度的改变,除在长江中下游麦区流行外,赤霉病在黄淮海以及北方麦区亦发生严重,一般减产 10%～20%,严重时达 80%～90%,甚至绝收[1-2]。该病不但造成减产,还引起小麦籽粒腐败变质,严重危害人畜健康[3-4]。目前生产上尚无抗赤霉病小麦品种,药剂防治仍是控制赤霉病的主要手段[5-6],目前的研究主要集中在化学药剂防治[7-8]。近年来随着绿色防控理念倡导与发展,新型生物产品如植物免疫蛋白质[9]、植物诱抗剂[10]、生物刺激素[11]等在生产上防治作物病害引起关注,但有关这些产品单独使用或与其他化学药剂混配使用防治赤霉病鲜有报道。本研究选择新型的植物免疫蛋白质农药 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂、植物诱抗剂 0.5%大黄素甲醚水剂和生物刺激素爱诺森可溶液剂,评价它们在防治赤霉病上的效果;及其与戊唑醇、咪鲜胺和多菌灵等生产上常用的化学药剂混配使用,通过大田应用效果评价,筛选最佳组合,为小麦赤霉病的农药减量开辟新途径。

1　材料与方法

1.1　小麦品种和试验药剂

供试小麦品种为'郑麦 9023',为小麦赤霉病的中感品种,该品种为河南省农业科学院选育的弱春性早熟品种,也是湖北省种植面积最大的品种,亲本为'西农 881'/'陕 213'。该品种由湖北省农业科学院植保土肥研究所保存和提供。

供试药剂:6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂(WP)(商品名:阿泰灵),北京中保绿农科技集团有限公司;0.5%大黄素甲醚水剂(AS),内蒙古清源保生物科技有限公司;爱诺森可溶液剂(SL),世科姆化学贸易(上海)有限公司;430 g/L 戊唑醇悬浮剂(SC),江苏健牌农药有限公司;25%咪鲜胺乳油(EC),江苏克胜集团有限公司,50%多菌灵可湿性粉剂(WP),江苏福田农药有限公司。

1.2　试验地概况

试验设在湖北省荆州市荆州区纪南镇雷湖村(112°14′E,30°26′N,海拔 26 m)和襄阳市襄州区张家集镇周当村(112°16′E,31°59′N,海拔 92 m),两地同时进行。试验地土壤为黄棕壤,肥力中等,质地较黏。

1.3　处理设计

荆州点 2016 年 10 月 25 日播种小麦,播种量 150 kg/hm^2,2017 年 5 月 18 日收获;襄阳点 2016 年 11 月 3 日播种小麦,播种量 225 kg/hm^2,2017 年 5 月 25 日收获。襄阳两试验点均为机械条播,按生产常规措施进行施肥、开沟和除草管理,不使用其他杀菌剂。试验分成 2 组:第 1 组 6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%大黄素甲醚 AS、爱诺森 SL 3 种生物产品喷施处理小麦麦穗,第 2 组 430 g/L 戊唑醇 SC、25%咪鲜胺 EC 和 50%多菌灵 WP 按照常规剂量喷施处理小麦麦穗;同时将 3 种药剂分别减量 20%后与第 1 组的 3 种药剂混配。在小麦齐穗期喷药。每一种处理设 4 次重复,小区面积为 25 m^2,小区排列按照随机区组设计,田间常规管理。两组试验设置同一空白对照处理。

1.4　麦穗病害严重度和产量调查

在小麦乳熟期,参照文献[12]方法每小区对角线五点取样,每点调查 200 穗,以枯穗面积占整个穗面积的百分率分级,记录各级病穗数及总穗数,计算病情指数和相对防效。于小麦成熟后,将各处理每个小区的麦穗分别单独收割脱粒,称量各小区小麦产

量(kg/25 m^2)。

1.5 数据统计

采用统计软件 SAS(SAS Institute Inc., Cary, NC)进行方差分析(ANOVA),分别比较各处理防效和产量平均值之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 寡糖·链蛋白、大黄素甲醚和爱诺森对小麦赤霉病的防治效果和对产量的影响

2016 年荆州和襄阳田间试验显示(表 1),空白对照的病情指数分别为 21.69 和 14.99。植物免疫蛋白质生物农药 6%寡糖·链蛋白 WP 和植物源杀菌剂 0.5%大黄素甲醚 AS 处理的病情指数略低于空白对照,其防效分别为 20.18%~24.37%和 18.32%~22.98%。两地田间产量的结果显示(表 1),仅在襄阳试验点 6%寡糖·链蛋白 WP 和 0.5%大黄素甲醚 AS 处理后小麦产量与对照处理存在差异,产量分别比对照多 1.25 kg/25 m^2 和 1.07 kg/25 m^2。生物刺激素爱诺森 SL 处理病情指数和产量在两个试验点均与对照无显著差异($P>0.05$)。

表 1 3 种生物产品对小麦赤霉病防治效果和产量影响[1)]

Table 1 Effects of three biological products on the control efficacy on Fusarium head blight and yield in winter wheat

处理 Treatment	使用剂量 Dosage	小区产量/kg·(25 m^2)$^{-1}$ Yield of plot		襄阳 Xiangyang		荆州 Jingzhou	
		襄阳 Xiangyang	荆州 Jingzhou	病情指数 Disease index	防效/% Efficacy	病情指数 Disease index	防效/% Efficacy
6%寡糖·链蛋白 WP oligosaccharins·plant activator protein 6% WP	90 g/hm^2	(12.64±0.65)a	(8.60±0.90)a	(11.95±1.46)b	20.18±9.18	(16.26±1.21)b	24.37±7.81
0.5%大黄素甲醚 AS physcion 0.5% AS	11.25 g/hm^2	(12.46±0.55)a	(9.32±0.41)a	(12.26±1.60)b	18.32±7.66	(16.65±2.44)b	22.98±7.68
爱诺森 SL Enersol SL	500~1 000 倍	(11.57±1.25)b	(8.39±0.87)a	(14.81±1.21)a	1.23±1.19	(21.34±3.19)a	1.67±0.61
空白对照 No fungicide	—	(11.39±0.73)b	(8.52±1.09)a	(14.99±1.11)a	—	(21.69±3.16)a	—

1) 表中数值为平均值±标准误。表中同列数据后相同小写字母表示不同处理所测指标差异不显著($P>0.05$)。下同。
Data was peresented as mean±SE. The same lowercase letters in the same column indicate no significant difference according to Fisher's Protected Least Significant Difference Test ($P>0.05$). The same below.

2.2 3 种生物产品与 3 种杀菌剂混配对小麦赤霉病的田间防效

3 种化学药剂常规用量,430 g/L 戊唑醇 SC 处理的病情指数显著低于 25%咪鲜胺 EC 和 50%多菌灵 WP($P<0.05$),病情指数为 3.69~3.89,防治效果为 75.21%~81.88%;当药剂减量 20%后,3 种药剂处理的病情指数大部分显著增加,防治效果下降到 32.17%~68.16%(表 2)。

3 种化学药剂减量 20%加 3 种生物产品复配处理的病情指数与 3 种化学药剂减量 20%不复配处理的病情指数存在显著差异($P<0.05$)。其中,50%多菌灵 WP 减量 20%复配处理的病情指数显著低于 430 g/L 戊唑醇 SC 和 25%咪鲜胺 EC 减量复配($P<0.05$),病情指数为 3.34~7.81,防治效果为 63.99%~77.56%,其增效范围为 3.22%~47.59%,与 430 g/L 戊唑醇 SC 未减量的防效相当($P>0.05$)。430 g/L 戊唑醇 SC 减量 20%复配处理的防治效果为 40.39%~60.39%,20%咪鲜胺 EC 减量 20%复配处理的防治效果在 39.28%~51.33%之间(表 2)。

表 2 3 种生物产品与杀菌剂混配对小麦赤霉病防治效果

Table 2 Effects of three biological products and mixture fungicides on the control efficacy of Fusarium head blight

处理 Treatment	有效成分用量/g·(hm^2)$^{-1}$ Dosage	襄阳 Xiangyang		荆州 Jingzhou	
		病情指数 Disease index	防效/% Efficacy	病情指数 Disease index	防效/% Efficacy
430 g/L 戊唑醇 SC tebuconazole 430g/L SC	180	(3.69±0.52)fg	75.21±4.49	(3.89±1.76)i	81.88±7.89
430 g/L 戊唑醇 SC tebuconazole 430g/L SC	144	(4.80±1.24)f	68.16±6.62	(11.12±1.10)d	48.38±4.57
25% 咪鲜胺 EC prochloraz 25% EC	255	(7.14±1.19)e	52.55±5.28	(8.31±2.26)efg	61.99±5.89

续表 2　Table 2(Continued)

处理 Treatment	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Dosage	襄阳 Xiangyang 病情指数 Disease index	襄阳 Xiangyang 防效/% Efficacy	荆州 Jingzhou 病情指数 Disease index	荆州 Jingzhou 防效/% Efficacy
25% 咪鲜胺 EC　prochloraz 25% EC	180	(10.13±0.09)bc	32.17±5.47	(13.04±3.10)cd	40.36±7.78
50% 多菌灵 WP　carbendazim 50% WP	375	(7.70±0.82)de	32.37±3.23	(13.36±3.08)cd	38.92±5.43
50% 多菌灵 WP　carbendazim 50% WP	300	(10.16±1.19)bc	48.46±6.67	(14.39±1.58)bc	33.37±3.79
430 g/L 戊唑醇 SC+6%寡糖·链蛋白 WP tebuconazole 430g/L SC+oligosaccharins·plant activator protein 6% WP	144+90	(7.09±1.18)e	52.79±5.61	(8.55±1.45)ef	60.39±5.84
430 g/L 戊唑醇 SC+0.5% 大黄素甲醚 AS tebuconazole 430g/L SC+physcion 0.5% AS	144+11.25	(8.63±1.11)cde	42.46±5.03	(11.05±2.03)d	48.76±8.40
430 g/L 戊唑醇 SC+爱诺森 SL tebuconazole 430g/L SC+Enersol SL	144+1 000 倍液	(8.90±1.01)cde	40.39±8.14	(12.59±2.62)cd	42.34±4.19
25% 咪鲜胺 EC+6%寡糖·链蛋白 WP prochloraz 25% EC+oligosaccharins·plant activator protein 6% WP	180+90	(9.11±0.86)cd	39.28±2.46	(10.66±2.59)de	51.33±6.21
25% 咪鲜胺 EC+0.5% 大黄素甲醚 AS prochloraz 25% EC+0.5% physcion AS	180+11.25	(7.60±1.08)de	49.02±8.93	(11.26±3.00)d	48.70±6.50
25% 咪鲜胺 EC+爱诺森 SL prochloraz 25% EC+Enersol SL	180+1 000 倍液	(7.84±0.66)de	47.38±7.16	(12.24±1.44)cd	43.37±3.21
50% 多菌灵 WP+6%寡糖·链蛋白 WP carbendazim 50% WP+oligosaccharins·plant activator protein 6% WP	300+90	(4.26±1.06)fg	71.79±5.13	(5.52±0.93)h	74.26±4.80
50% 多菌灵 WP+0.5% 大黄素甲醚 AS carbendazim 50%+physcion 0.5% AS	300+11.25	(3.34±0.45)g	77.56±4.21	(6.27±1.39)gh	71.30±2.60
50% 多菌灵 WP+爱诺森 SL carbendazim 50% WP+Enersol SL	300+1 000 倍液	(3.68±0.92)fg	75.20±7.17	(7.81±2.20)fg	63.99±8.12
不施药对照　No fungicides	—	(14.99±1.11)a	—	(21.69±3.06)a	—

2.3　不同生物产品与杀菌剂混配对各小区产量的影响

对所有处理小区产量进行测定,结果见表 3。3 种化学药剂常规用量处理,药剂减量 20%处理以及药剂减量 20%复配处理与对照相比小区产量均有显著差异($P<0.05$)。3 种杀菌剂减量 20%复配处理,产量都显著高于对照($P<0.05$),50%多菌灵 WP 减药 20%复配处理在两个试验点均表现为增产($P<0.05$),其增产幅度为 3.74%~9.28%。430 g/L 戊唑醇 SC 和 25%咪鲜胺 EC 减药 20%复配处理的增产趋势在两地表现不一致。

表 3　3 种生物产品与杀菌剂混配对各小区产量的影响

Table 3　Effect of three biological products and mixture fungicides on plot yield in the wheat

处理 Treatment	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Dosage	小区产量 kg·(25 m²)⁻¹ Yield 襄阳 Xiangyang	小区产量 kg·(25 m²)⁻¹ Yield 荆州 Jingzhou
430 g/L 戊唑醇 SC　tebuconazole 430g/L SC	180	(14.03±0.73)abc	(11.31±1.15)ab
430 g/L 戊唑醇 SC　tebuconazole 430g/L SC	144	(14.50±0.91)ab	(10.55±0.82)abc
25% 咪鲜胺 EC　prochloraz 25% EC	225	(14.16±1.49)abc	(10.88±1.12)ab
25% 咪鲜胺 EC　prochloraz 25% EC	180	(13.73±0.61)abc	(10.41±1.24)abc
50% 多菌灵 WP　carbendazim 50% WP	375	(13.70±0.75)abc	(10.36±1.65)abc
50% 多菌灵 WP　carbendazim 50% WP	300	(13.62±0.84)abc	(10.24±1.00)abc
430 g/L 戊唑醇 SC+6%寡糖·链蛋白 WP tebuconazole 430g/L SC+oligosaccharins·plant activator protein 6%WP	144+90	(14.34±0.64)abc	(10.84±0.87)ab
430 g/L 戊唑醇 SC+0.5% 大黄素甲醚 AS tebuconazole 430g/L SC+physcion 0.5% AS	144+11.25	(14.05±1.32)abc	(10.53±0.46)ab
430 g/L 戊唑醇 SC+爱诺森 SL tebuconazole 430g/L SC+Enersol SL	144+1 000 倍液	(13.96±1.31)abc	(11.96±1.32)a

续表 3 Table 3(Continued)

处理 Treatment	有效成分用量/g·(hm²)⁻¹ Dosage	小区产量 kg·(25 m²)⁻¹ Yield	
		襄阳 Xiangyang	荆州 Jingzhou
25%咪鲜胺 EC+6%寡糖·链蛋白 WP prochloraz 25% EC+oligosaccharins·plant activator protein 6% AP	180+90	(13.96±1.30)abc	(10.63±0.81)ab
25%咪鲜胺 EC+0.5% 大黄素甲醚 AS prochloraz 25% EC+physcion 0.5% AS	180+11.25	(14.13±0.49)abc	(10.62±0.56)ab
25%咪鲜胺 EC+爱诺森 SL prochloraz 25% EC+Enersol SL	180+1 000 倍液	(14.12±1.46)abc	(10.41±1.00)abc
50%多菌灵 WP+6%寡糖·链蛋白 WP carbendazim 50% WP+oligosaccharins·plant activator protein 6% WP	300+90	(14.69±1.15)a	(11.51±1.29)a
50%多菌灵 WP+0.5% 大黄素甲醚 AS carbendazim 50%WP+physcion 0.5% AS	300+11.25	(14.84±1.28)a	(11.89±1.03)a
50%多菌灵 WP+爱诺森 SL carbendazim 50% WP+Enersol SL	300+1 000 倍液	(15.12±1.44)a	(11.53±1.13)a
不施药对照 No fungicides	—	(11.39±0.73)d	(8.52±1.09)d

3 讨论

目前杀菌剂与生物农药的混合使用，是减少化学药剂使用量的重要途径之一[13]，本文挑选 3 种新型生物产品与 3 种常规杀菌剂减量混合使用，通过防治效果和产量综合评价其应用潜力。研究结果表明，蛋白质生物农药 6%寡糖·链蛋白 WP 和植物诱抗剂 0.5%大黄素甲醚 AS 单独使用对赤霉病无防治效果，但具有一定的增产作用；50%多菌灵 WP 与 6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%大黄素甲醚 AS 和生物刺激素爱诺森 SL 混配使用具有增加防效、提高产量的效果。这一研究结果可为防治小麦赤霉病的减施增效提供药剂备选方案。

本研究的结果显示，3 种新型生物产品单独使用对赤霉病无防治效果，但是与 3 种化学药剂混配后，都出现了一定的增效作用，这可能和产品的功效有关。寡糖·链蛋白是世界首个植物免疫蛋白质生物农药，具有提高植物免疫力的作用，已在多种作物推广示范[13]，李易初等研究表明寡糖·链蛋白对东北春麦小麦赤霉病防效可达到 65.9%，增产 8.4%[14]。本研究与该结果不同，可能有多种原因造成防效不一致的结果。大黄素甲醚在国内作为植物源杀菌剂登记，用于防治各类作物的白粉病和病毒病，具有较好的效果[15]。然而 Darby 等分别在 2013 年和 2017 年田间有机小麦赤霉病防治试验结果显示，大黄素甲醚对赤霉病没有防治效果[16-17]，这与本研究结果一致，大黄素甲醚对白粉病和病毒病有效，对赤霉病无效，可能是病害靶标不同而造成。目前国际杀菌剂抗性行动委员会(FRAC)将大黄素甲醚已归为 P5 类，即诱导植物产生系统抗性的药剂[17]。生物刺激素是一种包含某些成分和微生物的物质，其功效是对植物的自然进程起到刺激作用，能够提高作物的免疫力，从而增强抗病性[18]。

戊唑醇、咪鲜胺和多菌灵是目前生产中防治小麦赤霉病的主流药剂。多菌灵在湖北省使用超过 30 年，湖北省赤霉病菌对其抗药性报道较少[19]，可能是小麦经济效益较低，农户种植积极性不高，施药次数少，药剂的选择压力不大因此抗性不普遍。因此，使用成本最低的多菌灵作为减药混配药剂，既可以达到减药的目的又不会增加药剂防治成本。大黄素甲醚与爱诺森投入的成本为 6～10 元/667m²，按照平均 250 kg/667m² 的产量计算，使用多菌灵与大黄素甲醚和爱诺森混配每 667 m² 产量增加 9.35～23.2 kg。增产的收益高于投入，达到节本增效的效果。本研究仅为一年两点的田间自然条件下防治效果的结果，3 种新型生物产品与 430 g/L 戊唑醇 SC 和 25%咪鲜胺 EC 这两种杀菌剂混配增效效果不显著，还需进一步研究，此外，对于小麦赤霉病的防治，不能仅仅依靠药剂，应该结合抗性品种和小麦赤霉病预测预报，来提高小麦赤霉病的综合防治能力[20-21]。

参考文献

[1] BAI Guihua,SHANER G. Scab of wheat:prospects for control [J]. Plant Disease, 1994, 78(8):760 - 766.

[2] 陆维忠,程顺和,王裕中. 小麦赤霉病研究[M]. 北京:科学出版社,2001.

[3] 陈云, 王建强, 杨荣明, 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.

[4] 刘万才,刘振东,黄冲,等. 近 10 年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析[J]. 植物保护,2016,42(5):1 - 9.

[5] 程顺和,张勇,别同德,等. 中国小麦赤霉病的危害及抗性遗传改良[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):938 - 942.

[6] WILLYERD K T, LI C, MADDEN L V, et al. Efficacy and stability of integrating fungicide and cultivar resistance to manage Fusarium head blight and deoxynivalenol in wheat [J]. Plant Disease, 2012, 96(7):957 - 967.

[7] 徐飞,宋玉立,杨共强,等. 戊唑醇不同防治时间对小麦赤霉病发生和籽粒中 DON 毒素积累的影响[J]. 植物保护,2018,44(1):179 - 185.

[8] 张彬,李金秀,王震,等. 黄淮南片麦区主栽小麦品种对赤霉病抗性分析[J]. 植物保护,2018,44(2):190 - 194.

[9] 郝建宇,王伟军,陈文朝,等. 生物药剂阿泰灵结合化学农药减施在'脆光'葡萄中的应用[J]. 中国果树,2018(4):66 - 68.

[10] DAYYF F, SCHMITT A, BELANGER R R. Evidence of phytoalexins in cucumber leaves infected with powdery mildew following treatment with leaf extracts of *Reynoutria sachalinensis* [J]. Plant Physiology, 1997,113(3):719 - 727.

[11] 李进平,周龙,曾志伟,等. 生物有机肥与生物刺激素协同对撂荒香蕉园土壤改良及枯萎病防治的影响[J]. 中国南方果树,2019,48(4):57 - 63.

[12] 中华人民共和国农业部种植业管理司. 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/T 1464 - 2007[S]. 北京:农业出版社, 2008.

[13] HOSSARD L, PHILIBERT A, BERTRAND M. et al. Effects of halving pesticide use on wheat production [J/OL]. Scientific Report, 2014,4: 4405 DOI:10. 1038/srep04405.

[14] 李易初,石凤梅,马立功,等. 黑龙江地区小麦赤霉病新型药剂筛选[J]. 黑龙江农业科学, 2018(3):46 - 48.

[15] 何永梅. 植物源白粉病特效杀菌剂——大黄素甲醚[J]. 农药市场信息,2011(20):37.

[16] DARBY H, The efficacy of spraying organic fungicides to control Fusarium head blight infection in spring wheat [EB/OL]. [2020 - 04 - 08]https://www. uvm. edu/sites/default/files/media/2018_Spring_Barley_Fungicide. pdf.

[17] DARBY H. The efficacy of spraying fungicides to control Fusarium head blight infection in spring malting barley [EB/OL]. [2020 - 04 - 08]https://www. uvm. edu/sites/default/files/Northwest-Crops-and-Soils-Program/2016-ResearchReports/2016_Spring_Wheat_Fungicide. pdf.

[18] GUTIERREZ-GAMBOA G, ROMANAZZI G, GARDE-CERDANA T, et al. A review of the use of biostimulants in the vineyard for improved grape and wine quality: effects on prevention of grapevine diseases [J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 2019, 99(3):1001 - 1009.

[19] 龚双军,杨立军,向礼波,等. 2013 年湖北省小麦赤霉病菌对多菌灵和戊唑醇的敏感性[J]. 农药学学报,2014,16(5):610 - 613.

[20] PAUL P A, SALGADO J D, BERGSTROM G, et al. Integrated effects of genetic resistance and prothioconazole+tebuconazole application timing on Fusarium head blight in wheat [J]. Plant Disease, 2019, 103(2):223 - 237.

[21] 姚克兵,庄义庆,尹升,等. 江苏小麦赤霉病综合防控关键技术研究[J]. 植物保护,2018,44(1):205 - 209.

(责任编辑: 田　喆)

(上接 263 页)

[11] 周川浩, 武刚, 冯宏祖, 等. 5 种喷雾助剂对吡虫啉和啶虫脒防治棉蚜的影响[J]. 农药, 2018, 57(8): 620 - 623.

[12] 封云涛,李光玉,郭晓君,等. 两种表面活性助剂在农药减量化防治小菜蛾中的应用[J]. 农药学学报,2015,17(5):603 - 609.

[13] 刘支前. 农药桶混助剂的选择原理[J]. 农药, 2002(9): 1 - 3.

[14] RUITER H, ANDRE J M U, MEINEN E, et al. Influence of surfactants and plant species on leaf retention of spray solutions [J]. Weed Science, 1990, 38: 567 - 572.

[15] POLICELLO G A, MURPHY G J. The influence of co-surfactants on the spreading ability of organosilicone wetting agents [J]. Pesticide Science, 1993, 37(2): 228 - 230.

[16] 王少丽, 朱国仁, 张友军. 农用有机硅喷雾助剂在害虫化学防治中的应用[J]. 长江蔬菜, 2010(18): 112 - 115.

[17] 杨石有, 张蕊, 张贺, 等. 五种喷雾助剂对 240 g/L 螺螨酯悬浮剂和 15%哒螨灵乳油防治木瓜秀粉蚧的增效作用[J]. 农药学学报, 2019, 21(4): 531 - 537.

[18] 曾琼, 刘德春, 刘勇. 植物角质层蜡质的化学组成研究综述[J]. 生态学报, 2013(17): 5133 - 5140.

[19] KOCH K, BARTHLOTT W, KOCH S, et al. Structural analysis of wheat wax (*Triticum aestivum*, c. v. '*naturastar*' L.): from the molecular level to three dimensional crystals [J]. Planta, 2006, 223(2): 258 - 270.

[20] 刘万才, 张凯, 李永平. Silwet-农用喷雾助剂在柑橘病虫防治中的应用[J]. 中国农技推广, 2008(7): 40 - 41.

(责任编辑: 田　喆)