

基于监测预警的小麦赤霉病药剂防治效果评价

邢瑜琪¹, 姚卫平², 户雪敏¹, 戴纪琛¹, 张太学¹, 黄卫利³, 胡小平^{1*}

(1. 西北农林科技大学植物保护学院, 农业农村部黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室, 杨凌 712100;
2. 安徽省池州市农业技术推广中心, 池州 247000; 3. 西安黄氏生物工程有限公司, 西安 710065)

摘要 2019年—2020年,在安徽贵池进行了小麦赤霉病自动监测预警系统的试验示范,并依据预测结果指导大田小麦赤霉病药剂防治试验,以确定最佳的药剂使用量。试验结果表明,赤霉病自动监测预警系统能够在最佳防治时期前15 d内预测小麦蜡熟期赤霉病的病穗率,预测准确度达100%。2020年,依据该监测预警系统预测结果及赤霉病病穗率防治指标,在小麦扬花初期及1周后每667 m²分别使用48%氟烯·戊唑醇悬浮剂40 mL和20%氟唑菌酰胺悬浮剂40 mL是防治小麦赤霉病的最优药剂用量,防治效果达95.32%。

关键词 小麦赤霉病; 监测预警; 准确度; 最优药剂用量

中图分类号: S 435.121.45 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2020463

Evaluation of control effects of pesticides on wheat scab based on monitoring and early warning system

XING Yuqi¹, YAO Weiping², HU Xuemin¹, DAI Jichen¹, ZHANG Taixue¹, HUANG Weili³, HU Xiaoping^{1*}

(1. College of Plant Protection, Northwest A & F University, Key Laboratory of Integrated Management of Crop Pests on the Loess Plateau, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yangling 712100, China;
2. Chizhou Agricultural Technology Extension Center, Anhui Province, Chizhou 247000, China;
3. Xi'an Huang's Biological Engineering Co., Ltd., Xi'an 710065, China)

Abstract During 2019—2020, we conducted an experimental demonstration of automatic monitoring and early warning for wheat scab in Guichi, Anhui province, and guided the field control of wheat scab based on the predicted results, so as to determine the optimal dosage of the pesticides. The results showed that the automatic monitoring and early warning system could predict the FHB (Fusarium head blight) rate of wheat in waxed-ripening stage 15 days before the optimal control time with the prediction accuracy of 100%. In 2020, based on the prediction results of the monitoring and early warning system and the control index of FHB, phenamacril·tebuconazole 48% SC 40 mL per 667 m² in the early stage of wheat blooming and pydiflumetofen 20% SC 40 mL one week later are the optimal dosages for preventing and controlling FHB. The control efficacy was 95.32%.

Key words wheat scab; monitoring and early warning; accuracy; optimal dosage

小麦赤霉病是由禾谷镰刀菌 *Fusarium graminearum* 和亚洲镰刀菌 *F. asiaticum* 等多种镰刀菌引起的一种流行性病害^[1-3]。小麦从幼苗期到抽穗期都可受害,主要引起苗枯、茎基腐、秆腐和穗腐,是小麦的重要病害之一。穗部发病后籽粒皱缩不饱满,可造成减产40%~60%,发病严重时甚至颗粒无收^[4-5]。更为严重的是其病原菌产生的雪腐镰刀烯醇(nivalenol, NIV)、脱氧雪腐镰刀菌烯醇(de-

oxynivalenol, DON)、玉米赤霉烯酮(zearalenone, ZEA)等多种真菌毒素严重威胁人畜健康,影响着粮食和食品安全^[6-7]。

目前,我国主栽小麦品种几乎均为感病品种,化学防治依旧是解决小麦赤霉病的主要手段^[8-9]。小麦赤霉病的流行程度主要受越冬菌源、气象条件、寄主感病期及抗病性和耕作方式等因素的影响,并且与抽穗扬花期的雨湿条件和子囊壳成熟高峰期的吻

收稿日期: 2020-08-31 修订日期: 2020-09-22

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0200402, 2016YFD0300702, 2018YFD0200504); 农作物病虫鼠害疫情监测与防治项目

* 通信作者 E-mail: xphu@nwsuaf.edu.cn

合程度密切相关,如果在扬花期遇到高温阴雨天气,就会造成赤霉病的严重流行^[10]。关于小麦赤霉病监测预警在国内外已有一些研究报道,通过预测模型的建立可以对小麦赤霉病的控制起到积极的作用。Moschini 等^[11]通过降水量、相对湿度、温度等气象因子建立线性回归方程并成功预测小麦赤霉病的发病率;De Wolf 等^[12]建立了基于气候因子的小麦赤霉病严重程度的疾病流行风险预测模型;赵圣菊等^[13]通过对小麦生长地域进行分区及多年气象数据的记载分析相关性并建立模型;黄春艳等^[14]制定了适用于黑龙江省西北部小麦主产区非特殊灾变年份的流行趋势预测初始数学模型;贾金明^[15]建立了黄河中下游小麦赤霉病的气象指数并推广运用;张文军^[16]根据菌源量、小麦品种开花特性和气象因子等因素建立了关中地区小麦赤霉病预测模型,张平平^[17]进一步建立了穗表赤霉病菌孢子密度与产壳秸秆密度的关系模型,并进一步研发了自动监测预测系统,该系统自 2016 年开始在陕西省小麦主产区进行了一定范围的试验示范,在我国小麦玉米轮作区大面积推广应用,很好地指导了赤霉病的防治^[18]。但对于小麦-水稻轮作区,基于赤霉病自动监测预警指导防治研究工作尚未见报道。关于小麦赤霉病的药剂防治国内外已有许多研究报道,甾醇脱甲基抑制剂(戊唑醇、叶菌唑等)对小麦赤霉病有很好的预防和治疗作用^[19-24];氟唑菌酰胺是先正达继唑啉菌胺、氟唑环菌胺、苯并烯氟菌唑之后上市的第 4 个 SDHI 类杀菌剂^[25],氟唑菌酰胺对禾谷镰刀菌有优异的生物活性^[26]。

鉴于以上基础,本研究在安徽贵池开展了针对稻麦轮作区的小麦赤霉病自动监测预警系统的准确性评价试验,并依据预测结果指导大田小麦赤霉病药剂防治试验,以明确监测预警系统在生产中的重要性,并结合指导确定最佳的药剂使用量,为小麦赤霉病的科学防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地选在安徽省池州市贵池区秋江街道梅里社区(30°39'N, 117°25'E),田间栽培小麦品种为‘苏麦 188’。试验所用药剂为 20% 氟唑菌酰胺悬浮剂(SC),先正达公司和 48% 氟唑·戊唑醇悬浮剂(SC),江苏省农药研究所股份有限公司。小麦赤霉

病远程实时监测预警系统为西安黄氏生物工程有限公司提供。

1.2 试验方法

1.2.1 监测预警系统的安装

2019 年 2 月 20 日,在安徽省池州市贵池区安装小麦赤霉病监测预警仪器(编号 YBQ0000072)。将仪器固定在麦地里水泥基座上,太阳能板朝南,叶片表面湿润时间传感器固定在主干上离地面 80 cm 高度,有电容丝的正面朝上。打开主控箱电源开关,输入初始菌源量、抽穗日期和小麦开花期值进行系统初始化,通过软件启动模型开始计算。

1.2.2 试验地选择及管理

选择地块平整、排灌方便、地力均匀、管理水平一致、品种相同的麦田作为药剂防治试验用地。安装小麦赤霉病远程实时监测预警系统的田块作为系统预测准确度评价用地,两种用地前茬作物均为一季中稻,并在小麦 5 叶期时用 15% 炔草酯可分散油悬浮剂 50 g/667m² 和 20% 氯氟吡氧乙酸乳油 30 mL/667m² 进行化学除草,除此之外不使用其他任何农药。

1.2.3 试验设计

试验共设置 9 个小区,每个小区安排 1 个处理,其中 8 个为药剂处理(A1~A8),1 个为空白对照(CK),小区面积均为 66 m²。试验期间防治 2 次,第 1 次为小麦扬花初期(4 月 3 日)喷施 48% 氟唑·戊唑醇悬浮剂,第 2 次为一周后(4 月 10 日)喷洒 20% 氟唑菌酰胺悬浮剂(表 1)。

表 1 不同处理药剂用量

处理小区 Treatment plot	施用剂量/mL·(667 m ²) ⁻¹ Dosage	
	48% 氟唑·戊唑醇 SC phenamacril· tebuconazole 48% SC	20% 氟唑菌酰胺 SC pydiflumetofen 20% SC
A1	100	80
A2	80	70
A3	50	50
A4	40	40
A5	20	20
A6	10	10
A7	5	5
A8	3	3
CK	—	—

1.2.4 病穗率调查及药剂防治效果

在小麦蜡熟期时,采用五点取样法,每个样点随

机选取 40 个麦穗,记录发病麦穗数,计算小麦赤霉病的发病率。根据国家小麦赤霉病测报技术规范(GB/T15796-2011)^[27],并将实际调查病穗率(DF)进行流行等级划分:0 级:DF≤0.1,不发生;1 级:0.1<DF≤10,轻发生;2 级:10<DF≤20 偏轻发生;3 级:20<DF≤30 中等发生;4 级:30<DF≤40 偏重发生;5 级:DF>40 大发生。按公式计算防治效果。

病穗率=(发病麦穗数/调查总穗数)×100%;

病穗率防治效果=(空白对照区病穗率-处理区病穗率)/空白对照区病穗率×100%。

1.2.5 预测结果准确性评价

根据病穗率分别对实测调查结果和预测结果进行赤霉病流行等级划分,计算实际调查病穗率的流行等级和预测病穗率的流行等级并比较两者差异,采用肖悦岩^[28]的预测预报准确度评价方法即最大误差参照法检验预测的准确度:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{|F_i - A_i|}{M_i}\right) \times 100\%.$$

式中, R 为预测准确度, F_i 为预测结果的流行等级值, A_i 为实际调查结果的流行等级值, M_i 为第 i 次预测的最大参照误差,该值为实际流行等级值和最高流行等级值与实际流行等级值之差中最大的值。如实际流行等级值为 2,最高流行等级值与实际流行等级值之差为 3(赤霉病流行等级最高值为 5),那么 M_i 值为 3。一般认为,预测流行等级与实际流行等级差值小于 1 时,为准确,差值为 1 时,为基本准确,大于 1 时为不准确。

2 结果与分析

2.1 小麦赤霉病病穗率监测预警效果

2019 年 3 月 25 日,监测预警系统首次预测赤霉病病穗率为 62.97%,3 月 29 日修正的预测病穗率为 100%,田间实际调查病穗率为 97.84%;2020 年 3 月 23 日,监测预警系统首次预测赤霉病病穗率为 57.27%,3 月 31 日修正的预测病穗率为 100%,田间实际调查病穗率为 96.23%。根据国家标准 GB/T15796-2011 将实际调查病穗率进行流行等级划分,两年间预测等级和实际流行等级均为 5 级,根据肖悦岩^[28]的预测预报准确度评价方法两年预测的准确度均为 100%。

2.2 药剂防治效果

根据小麦赤霉病自动监测预警系统的预测结果

和赤霉病防治技术规范 NY/T 1608^[29] 规定的病穗率防治指标进行防治试验。2020 年 3 月 23 日,赤霉病自动监测预警系统预测病穗率为 57.27%,已超过病穗率防治指标 5%,分别于 4 月 3 日和 4 月 10 日喷施 48% 氰烯·戊唑醇悬浮剂和 20% 氟唑菌酰胺悬浮剂,在小麦蜡熟期调查赤霉病病穗率并计算防治效果。结果表明,8 种药剂用量组合防治后小麦的发病率均明显低于对照组发病率(表 2),A1 和 A2 处理防治后病穗率均为 0,防效为 100%;A3 防治后病穗率为 2.10%,防效为 97.82%;A4 防治后病穗率为 4.50%,防效为 95.32%。针对当前农药使用管理粗放、用药量大、针对性不强及环境污染严重等问题,基于有害生物防治指标与化学农药限量标准,在综合考虑生态及经济效益的情况下,A4 用药浓度低且可将病穗率控制在防治指标内,因此,筛选出最优药剂用量为在小麦扬花初期及 1 周后每 667 m² 分别使用 48% 氰烯·戊唑醇悬浮剂 40 mL 和 20% 氟唑菌酰胺悬浮剂 40 mL。

表 2 不同浓度药剂对小麦赤霉病的影响

Table 2 The effect of different concentrations of fungicides on wheat Fusarium head blight rate

处理小区 Treatment plot	调查总穗数/穗 Total ears	病穗率/% Rate of diseased ear	病穗率防效/% Control efficacy of diseased ear rate
A1	200	0.00	100
A2	200	0.00	100
A3	200	2.10	97.82
A4	200	4.50	95.32
A5	200	6.00	93.76
A6	200	8.40	91.27
A7	200	11.10	88.47
A8	200	12.50	87.01
CK	345	96.23	—

3 讨论

在 2019 年小麦赤霉病自动监测预警系统的试验示范中,该系统能够在最佳防治时期前 15 d 内预测出小麦蜡熟期赤霉病的病穗率,预测准确度达 100%。因此,2020 年我们基于赤霉病监测预警结果开展了田间药剂防治试验。结果表明,两年间小麦赤霉病田间实际病穗率分别为 97.84% 和 96.23%,自动监测预警系统最终预测值均为 100%,预测值和

实际值均为 5 级,根据肖悦岩^[28]的预测预报准确度评价方法检验预测的准确度均为 100%;基于该监测预警系统预测结果开展药剂防效试验确定的最优药剂用量为在小麦扬花初期及 1 周后每 667 m² 分别使用 48% 氰烯·戊唑醇悬浮剂 40 mL 和 20% 氟唑菌酰胺悬浮剂 40 mL。

小麦赤霉病的防控主要依靠化学药剂,为了减轻病害带来的损失,化学农药的使用剂量和施药次数逐渐增加,同时带来了抗药性的问题。而小麦赤霉病监测预警系统可以对病害进行及时准确的预测,可以有效地指导防治,在一定程度上降低盲目用药的行为,减少了农药的用量。本研究所用的小麦赤霉病自动监测预报器是课题组基于小麦-玉米轮作区赤霉病发生情况研发的,已在我国小麦-玉米轮作区大面积推广应用。2016 年,陕西省植物保护工作站对陕西关中地区该系统的预报准确性进行了评价,预测准确率为 94.4%^[18];2017 年,陕西省渭南市华州区植保站及安徽省淮南市凤台县植保站应用评价准确率分别为 96%^[30]和 100%^[31];2018 年,陕西省商洛市洛南县植保站和西安市植保站分别对预报的准确性进行了评价,准确率分别为 80%^[32]和 100%^[33];2019 年,河南省平舆县对该系统进行验证,表明准确度平均为 90.95%,且根据系统预测的防治效果达到 85% 以上^[34]。2019 年对安装在 4 个省份的预报器预测准确性进行评价,综合准确率为 83.3%^[35]。本研究也通过对安装在安徽贵池区两年的赤霉病监测预警系统进行了评价,对病害预测的准确率为 100%,可以有效地指导病害的防控工作。由此可见,该系统能及时准确地预测出赤霉病的病穗率,同时能够指导病害防治工作,有效降低农药的使用量,具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 商鸿生,王树权,陆和平. 陕西关中小麦赤霉病发生规律的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 1980, 8(3): 27-36.
- [2] XU Xiangming, NICHOLSON P. Community ecology of fungal pathogens causing wheat head blight [J]. Annual Review of Phytopathology, 2009, 47(1): 83-103.
- [3] 胡小平. 小麦赤霉病[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2017.
- [4] 张立娇,张卫霞. 小麦赤霉病发生概况及绿色防控技术[J]. 河北农业, 2019(2): 35-36.
- [5] 管章玲,辛海峰,李建宏,等. 小麦赤霉病拮抗菌的筛选及应用[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(2): 309-313.
- [6] XU Xiangming. Effects of environmental conditions on the development of Fusarium ear blight [J]. European Journal of Plant Pathology, 2003, 109(7): 683-689.
- [7] 陆彦,王科峰,殷茵. 小麦赤霉病田间病情指数、病粒率及 DON 毒素含量之间的关系初探[J]. 农药科学与管理, 2017, 38(7): 62-66.
- [8] 张洁,伊艳杰,王金水,等. 小麦赤霉病的防治技术研究进展[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(1): 24-28.
- [9] SHI Shandang, ZHAO Jingchen, PU Lefan, et al. Identification of new sources of resistance to crown rot and Fusarium head blight in wheat [J]. Plant Disease, 2020, 104(7): 1979-1985.
- [10] 纪莉景,栗秋生,王连生. 戊唑醇防治小麦赤霉病施药时期及安全性评价[J]. 植物保护, 2017, 43(3): 203-206.
- [11] MOSCHINI R C, FORTUGNO C. Predicting wheat head blight incidence using models based on meteorological factors in Pergamino, Argentina [J]. European Journal of Plant Pathology, 1996, 102(3): 211-218.
- [12] DE WOLF E D, MADDEN L V, LIPPS P E. Risk assessment models for wheat Fusarium head blight epidemics based on within-season weather data [J]. Phytopathology, 2003, 93(4): 428-435.
- [13] 赵圣菊,姚彩文. 我国小麦赤霉病地域分布的气候分布[J]. 中国农业科学, 1991, 24(1): 60-66.
- [14] 黄春艳,朱传楹,张增敏,等. 小麦赤霉病流行趋势预测及产量损失研究[J]. 植保技术与推广, 1999(2): 8-9.
- [15] 贾金明. 黄河中下游小麦赤霉病气象指数的建立与应用[J]. 气象, 2002, 28(3): 51-54.
- [16] 张文军. 小麦赤霉病流行模拟与药剂防治决策系统研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 1993.
- [17] 张平平. 关中地区小麦赤霉病预测系统[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [18] 袁冬贞,崔章静,杨桦,等. 基于物联网的小麦赤霉病自动监测预警系统应用效果[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(1): 46-51.
- [19] 韩青梅,康振生,段双科. 戊唑醇与叶菌唑对小麦赤霉病的防治效果[J]. 植物保护学报, 2003, 30(4): 439-440.
- [20] 韩青梅,康振生,段双科. 戊唑醇与咯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.
- [21] 刁亚梅,周明国,王建新,等. 48% 氰烯菌酯·戊唑醇悬浮剂防治小麦赤霉病的开发[J]. 农药, 2012, 51(5): 375-376.
- [22] SIRANIDOU E, BUCHENAUER H. Chemical control of Fusarium head blight on wheat [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2005, 108(3): 231-243.

- 粉病的防治效果[J]. 农药, 2018, 57(12): 918-920.
- [3] 叶彩玲. 小麦白粉病气象环境成因及长期预测研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [4] 李强, 申雪雪, 杨金叶, 等. 陕西省小麦白粉菌群体毒性结构及遗传多样性[J]. 植物保护学报, 2019, 46(2): 282-290.
- [5] 中国农药信息网[EB/OL]. [2020-08-01]. <http://www.icama.org.cn/hysj/index.jhtml>.
- [6] 马志强, 刘国容, 严乐恩, 等. 小麦白粉病菌对三唑酮抗药性的监测[J]. 植物保护学报, 1997(1): 85-88.
- [7] 张娟, 汪杰, 姚成虎. 分散固相萃取-气相色谱串联质谱法测定大米中的毒死蜱、三环唑和戊唑醇残留[J]. 农药, 2018, 57(11): 823-825.
- [8] 魏国荣, 韩青梅, 康振生. 三唑类杀菌剂 Folicur 与 Caramba 防治小麦白粉病的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005(S1): 41-43.
- [9] 刘传德, 王培松, 王继秋, 等. 三唑类杀菌剂及其在小麦病害防治中的应用研究进展[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2005(1): 157-160.
- [10] 陈定花, 朱卫刚, 胡伟群, 等. 苯醚菌酯·戊唑醇防治白粉病生物活性[J]. 农药, 2009, 48(7): 527-528.
- [11] 周虹波. 不同药物对小麦白粉病防治效果的研究[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(16): 91-92.
- [12] 刘敏捷, 原宗英, 李霞, 等. 不同杀菌剂对小麦白粉病的田间防效[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(6): 70-71.
- [13] 张令宏, 李敏, 高兆银, 等. 抗多菌灵的芒果炭疽病菌的杀菌剂筛选及其交互抗性测定[J]. 热带作物学报, 2009, 30(3): 347-352.
- [14] 毕秋艳, 马志强, 韩秀英, 等. 不同机制杀菌剂对小麦白粉病的敏感性及其与三唑酮的交互抗性[J]. 植物保护学报, 2017, 44(2): 331-336.
- [15] 师宝君, 秦虎强, 李冬生, 等. 种衣剂中三唑酮与多菌灵混配最佳配比研究[J]. 华中农业大学学报, 2000(2): 115-118.
- [16] 陆长婴, 季明东, 李沛元, 等. 多菌灵和三唑酮混配对小麦病害的协同杀菌作用[J]. 上海农业学报, 2000(1): 62-66.
- [17] 刘敏捷, 原宗英, 李霞, 等. 不同杀菌剂对小麦白粉病的田间防效[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(6): 70-71.
- [18] 刘鹏, 张洪勇, 陈雪燕, 等. 抗早高产小麦新品种一山农 16 [J]. 麦类作物学报, 2011, 31(2): 388.
- [19] 李瑞军, 李斯深. 小麦新品种山农 17、泰农 18 [J]. 中国种业, 2010(4): 81.
- [20] 申雪雪. 小麦白粉病菌群体结构分析及其对三唑酮的敏感性检测[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [21] 涂坦. 四川省小麦白粉病抗药性测定及其机理的初探[D]. 雅安: 四川农业大学, 2010.
- [22] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则杀菌剂第 4 部分 防治小麦白粉病试验盆栽法: NY/T 1156.4-2006 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [23] 史倩倩, 范洁茹, 周益林, 等. 2012 年部分麦区小麦白粉菌群体对三唑酮敏感性及其与毒性的关系[J]. 植物病理学报, 2015, 45(2): 181-187.
- [24] 毕秋艳, 马志强, 张小凤, 等. 多菌灵/戊唑醇复配对小麦赤霉病菌抗药性菌株的活性增效作用[J]. 植物保护, 2010, 36(2): 119-122.
- [25] 韩宝余, 吴兴福, 张正和, 等. 15%吡唑醚菌酯·叶菌唑悬浮剂防治小麦白粉病药效研究[J]. 现代农业科技, 2018(4): 110.
- [26] 闫佳会. 30%戊唑醇·吡唑醚菌酯悬浮剂防治小麦锈病田间药效试验[J]. 青海农林科技, 2019(2): 90-92.
- (责任编辑: 田 喆)
-
- (上接 326 页)
- [23] MATTHIES A, BUCHENAUER H. Effect of tebuconazole (Folicur®) and prochloraz (Sportak®) treatments on Fusarium head scab development, yield and deoxynivalenol (DON) content in grains of wheat following artificial inoculation with *Fusarium culmorum* [J]. Ztschrift Für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 2000, 107(1): 33-52.
- [24] JONES R K. Assessments of Fusarium head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment [J]. Plant Disease, 2000, 84(9): 1021-1030.
- [25] 柏亚罗, 顾林玲. 2017 年全球登记或上市的农药新产品[J]. 现代农药, 2018(1): 8-15.
- [26] 向礼波, 杨立军, 薛敏峰, 等. 禾谷镰孢菌对氟唑菌酰胺敏感性基线的建立及药剂田间防效[J]. 农药学报, 2018, 20(4): 445-451.
- [27] 中华人民共和国农业部. 小麦赤霉病测报技术规范: GB/T 15796-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [28] 肖悦岩. 预测预报准确度评价方法的研究[J]. 植保技术与推
- 广, 1997, 17(4): 3-6.
- [29] 中华人民共和国农业部. 小麦赤霉病防治技术规范: NY/T 1608[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [30] 郭蕾. 渭南市华州区小麦赤霉病远程实时监测预警系统试验[J]. 农业科技通讯, 2017(10): 87-89.
- [31] 孙友武, 蔡广成, 夏风, 等. 小麦赤霉病自动监测预警系统的应用效果[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(16): 143-144.
- [32] 杨慧霞, 梁晓青, 陈恩霞, 等. 洛南县小麦赤霉病远程实时监测预警系统试验研究[J]. 基层农技推广, 2018, 6(12): 33-35.
- [33] 杨洁, 徐进, 张小飞, 等. 西安地区小麦赤霉病自动监测预警系统应用效果[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(2): 50-52.
- [34] 冯贺奎, 王付群, 刘广峰, 等. 淮河平原麦区小麦赤霉病自动监测预警系统应用效果[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(5): 42-45.
- [35] 宋瑞, 王嘉荟, 袁冬贞, 等. 小麦赤霉病自动监测预警系统应用效果评价[J]. 植物保护, 2020, 46(3): 215-219.
- (责任编辑: 田 喆)