

小麦重大病虫害发生流行的气候影响评价

曾娟¹, 姜玉英¹, 霍治国²

1. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125
2. 中国气象科学研究院生态环境与农业气象研究所, 北京 100081

摘要 为分析评价气候变化对小麦重大病虫害发生流行的影响, 揭示全球变暖趋势下异常气候条件对病虫害时空演替和发生规律的作用机制, 通过收集整理 20 个中国冬小麦主产省(区、市)经规范连续、广泛系统的测报调查所获得的病虫害发生数据, 对应 2009—2010 冬小麦生育期间气候特点和极端气候事件, 与历史常规年份的病虫害发生状况和气候条件进行比较。结果表明, 在该生长季, 由于初冬强降温、春季持续低温以及西南麦区秋冬春季连旱等异常天气气候条件的影响, 小麦重大病虫害发生时期推迟, 其中条锈病扩展流行范围小、发生轻, 纹枯病和白粉病扩展流行范围广、发生中等, 麦蜘蛛等前期虫害发生较轻, 赤霉病、蚜虫等穗期病虫害发生严重。从而得出, 影响不同种类病虫害发生流行的关键时期、关键气象因子有所不同, 这为病虫害预测预报分类指导和关注重点提供了依据; 为做好预测预报、评估气象灾害对病虫害发生的影响, 应做到“大小兼顾、长短结合, 分类关注、抓住关键”。

关键词 小麦病虫害; 气候; 评价

中图分类号 S435

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.20.012

An Assessment of the Impact of Climatic Condition on Wheat Pests Outbreak and Diseases Spread

ZENG Juan¹, JIANG Yuying¹, HUO Zhiguo²

1. National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China
2. Research Institute of Ecological Environment and Agricultural Meteorology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China

Abstract This paper gives a comprehensive analysis and assessment of the impact of climatic conditions on wheat pest outbreak and disease spread, to find out the mechanism how abnormal weather and climate affects the pest and disease occurrence. Reliable data were collected via continuous field monitoring and observation in 20 main wheat-planting provinces, and are related to the climatic traits and meteorologic disasters in the whole development stage of winter wheat during 2009—2010. These year's data are compared with those of past normal years. It is indicated that the unusual meteorologic events, such as the sudden and sharp drop of temperature at the beginning of winter and the long-lasting abnormal low temperature in spring in northern and eastern wheat zones, and historically rare drought through autumn, winter and spring in south-western wheat zones, would postpone the stage of wheat pests and diseases with remarkable diversification of each kind. Wheat stripe rust is restricted to a smaller range and in less serious grade. Wheat sharp spot and wheat powdery mildew occur in a massive area and on a medium grade. Wheat scab and aphids break out seriously at the heading stage; nevertheless wheat mites are lighter than a mid-size one at the former stage. It is concluded that the key stage and the weather elements are different for different pests and diseases, as the bases for classification and focus for forecast. In order to improve the forecast and

收稿日期: 2011-03-23; 修回日期: 2011-06-21

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006026)

作者简介: 曾娟, 农艺师, 研究方向为小麦等旱粮病虫害预测预报和农业气象灾害评估, 电子信箱: zengjuan@agri.gov.cn; 姜玉英(通信作者), 推广研究员, 研究方向为农作物病虫害预测预报理论与推广应用及相关气候影响评价和测报工具开发, 电子信箱: jiangyuying@agri.gov.cn

assessment, it is important to pay attention to weather conditions in both broad and particular areas and for both long and short periods, using the "classification" and "focus" methods.

Key words wheat pests and diseases; climate; assessment

0 引言

农作物病虫害是农业生态系统中生物与环境间相互关系的一个组分^[1-3]。无论是昆虫生态学所遵循的生态系统组分结构,还是植物病害流行学中“病害三角”的经典理论,都将环境因素视为影响病虫害发生的一个重要条件,而气象条件则是环境因素中影响农作物生长发育、病虫害发生发展、天敌种群动态以及播种、耕灌、防治等农事操作的关键因子。历史资料也表明^[4],几乎所有大范围流行性、暴发性、毁灭性的农作物重大病虫害的发生、发展、流行都与气象条件密切相关,或与农业气象灾害相伴发生。21世纪以来,中国小麦病虫害一直保持着连年偏重发生的态势,发生面积稳定在6266.7—6666.7万hm²;小麦条锈病、白粉病、纹枯病、赤霉病、蚜虫、蜘蛛等重大病虫害年度间交替重发,发生面积为3937.8—4766.3万hm²^[5]。小麦重大病虫害发生水平居高不下,主要是由于主栽品种抗病虫害性普遍较低,耕作方式和栽培技术有利于病虫积累、传播和发生,而异常多变的气候则是导致病虫发生种类此消彼长和某些种类暴发流行的关键因素。2009年秋季—2010年春季,中国天气气候十分异常、极端事件频发,致使小麦生长受到严重影响,重大病虫害的发生流行特点显著变化。本文依据2009—2010年度小麦生长期主要天气特点及其引发的农业气象灾害,结合小麦重大病虫害发生流行特点及其气候背景和气象条件,综合评价气候条件对2010年小麦重大病虫害发生流行的影响,从而为深入研究小麦病虫害灾变规律、灾损评估提供依据。

1 2009—2010年度小麦生育期天气气候特点

根据国家气候中心气候系统监测公报^[6],2009—2010年度冬小麦生育期间(2009年10月—2010年6月),西南、黄淮、长江中下游、华北、西北等主要麦区气候波动异常,各大主要麦区温度、降水分布极不平衡、冷热旱涝时空交替明显,多次出现突破气象记载历史极值的极端天气气候事件。

1.1 西南地区:秋冬春特大干旱

2009年9月—2010年3月中旬,云南、贵州、四川南部持续少雨高温,降水量比常年同期偏少30%—80%,云南、贵州降水量均为有气象观测记录以来最少值,平均气温分别为历史同期最高和第3高值。长时间高温少雨导致西南地区出现有气象记录以来最严重的秋冬春连旱。

1.2 黄淮、江淮、长江中下游和西北地区:初冬强降温和大范围雨雪

2009年11月,中国东部地区出现3次大范围雨雪天气和强降温过程,黄淮、江淮大部、江汉等地月平均气温比常年

偏低2—4℃,黄淮大部、江淮、西北大部降水偏多50%—200%,局部地区偏多2倍以上。多省(市)月平均、旬平均气温和降水量突破或接近历史极值:月平均气温,河南、山西为1951年以来历史同期最低值,安徽为次低值;中旬平均气温,山东、山西、河南、安徽、湖北、宁夏为1951年以来历史同期最低值,江苏、浙江、上海为次低值;月降水量,安徽、陕西为1951年以来历史同期次大值;中旬降水量,陕西、浙江为1951年以来历史同期最大值,山西、安徽、江苏、上海、宁夏为次大值。

1.3 黄淮、江淮、江汉地区:春季低温和阴雨寡照

2010年4月,黄淮地区出现两次低温霜冻天气,江淮、江汉地区气温偏低,降水偏多,部分地区农田土壤持续过湿。黄淮、江淮地区月平均气温比常年偏低2—4℃,山东为1951年以来历史同期最低值,安徽、江苏为次低值。2010年4—6月,黄淮、江淮和江汉地区出现多次降水和连阴雨过程,月日照时数普遍比常年偏少50%,局部地区偏少100%。

1.4 华北地区:冬春持续低温

2009年11月—2010年4月,华北地区发生近40年来罕见持续低温灾害,京津冀地区平均气温分别为1971年以来历史同期最低值。2009年10月31日—11月1日,华北地区即出现入秋后第一场雪,其中北京、天津、石家庄初雪日期比常年偏早近1个月,为近20年来最早;11月9—12日和2010年1月2—4日,华北大部出现强降雪,河北、山西等省部分地区最大雪深突破历史记录,北京、天津1月上旬平均降雪量为1951年以来历史同期最大值。入春后,华北大部地区气温回升慢、日起伏大,大风和降温天气频发,特别是4月中旬出现了大范围强降温和霜冻天气,山西省4月12—13日大部县(市)最低气温降至0℃以下,降温幅度和最低气温为历史同期罕见。

2 天气气候条件对小麦重大病虫害发生流行的影响

根据中国20个冬小麦主产省区各级植保部门田间调查和中国农业技术推广服务中心组织整个植保系统数据统计,并与自1979年有系统记载以来的《全国植保专业统计资料》历史数据进行比较,2010年小麦病虫害总体偏重发生,发生面积6778.1万hm²。其中,小麦赤霉病发生面积669.8万hm²,是1990年以来第二重发的年份,仅次于暴发流行的1998年;条锈病发生面积222.7万hm²,显著轻于常年,是2001年以来第二轻发的年份;纹枯病和白粉病发生面积分别为868.9万hm²和696.3万hm²,发生程度接近常年;麦蚜发生面积1730.7万hm²,是2001年以来第二重发的年份;麦蜘蛛发生面积641.7万hm²,轻于前4年,是2001年以来发生较轻的年份。

2.1 春季低温和春末多雨使赤霉病重发

小麦赤霉病是典型的气候型气流传播病害。长期监测表明,多年连茬种植或小麦-玉米轮作以及近年来免耕栽培、秸秆还田等栽培措施的推广应用,使赤霉病常发区菌源广泛分布,常年具备大发生的菌源条件。而赤霉病菌的生长、发育、繁殖、侵染和病害流行均与温度、湿度、降雨和日照数有密切关系^[7-9];同时,气候条件也影响小麦生长发育,进而影响赤霉病菌的易感生育期。2010年长江中下游和淮河流域麦区春季气温持续偏低,春末阴雨日数多,赤霉病发生期与小麦生育期同步推迟、侵染适期长、穗期发病重。

2.1.1 发生期与小麦生育期同步推迟

2010年4月中旬,黄淮、江汉和江淮北部出现不同程度霜冻,影响了小麦正常拔节孕穗;且4月下旬—6月上旬,长江中下游和江淮麦区气温持续偏低,小麦生育期较常年推迟7—10d。而气温偏低也同时延缓了赤霉病的病程发展。据研究^[7],一般平均气温低于13.7℃,赤霉病不会发生;当气温超过15℃,随气温升高,病菌潜育期缩短。由于各地达到发病适宜温度的时间晚,致使赤霉病发病晚、前期病情进程慢。例如,浙江宁海初见期为4月24日,迟于上年;河南子囊孢子释放盛期在4月26日—5月3日,较历年偏晚5—7d,多数地区4月下旬—5月上旬田间见病,比常年晚5—10d;湖北大部5月上中旬零星见病,比常年偏迟10d左右;江苏大面积始见病期在5月中旬以后,较常年推迟7d左右;河北邯郸市5月19日发现病穗,比历年晚4d,比上年晚12d。

2.1.2 侵染适期延长

据研究^[7],小麦赤霉病流行危害程度与穗期连阴雨日数、相对湿度、日照数呈显著正相关,而与雨量相关不显著;在正常年份,小麦抽穗后15—20d内,15℃以上暖湿连阴雨日数超过50%以上,病害就有可能流行。4月中旬—6月上旬,湖北、安徽、江苏、上海、河南南部等地普遍遭受4—5次3d以上连阴雨,或累计阴雨日数在15d以上,由于异常低温和阴雨寡照天气影响,小麦抽穗扬花和灌浆期推迟,且抽穗扬花期不整齐、持续时间长,延长了病菌易感生育期,增加了反复侵染机会。例如,江苏省4月下旬—5月下旬小麦抽穗扬花至灌浆期间,累计阴雨日数15—19d,超过当地病害大流行指标(9—12d),尤其是5月中下旬扬花灌浆期间,里下河北部、沿海、沿海地区阴雨日数达8—11d,比常年多2—5d;安徽省4月下旬—5月下旬共出现了7次降雨过程;河南信阳市小麦抽穗期(4月13—25日)和扬花期(4月25日—5月7日),分别连续2次遭受3天以上阴雨天气。

2.1.3 常发区后期发生危害重

在天气气候条件同时影响寄主作物生长发育和赤霉病菌侵染繁殖的配合作用下,长江中下游和江淮常发区在5月下旬至6月初集中显症,比常年偏晚5—10d;且病情普遍较重,江苏、安徽发生程度仅次于特大流行的2003年。各地最终病情调查,江苏沿淮、沿海、里下河北部等地自然病穗率一

般50%—70%,经过防治仍达10%—30%,其他地区自然病穗率一般20%—50%、经过防治后为3%—5%。安徽沿淮及其以南地区,潘集、凤台、庐江、潜山、望江、宿松等地为20%—42%,怀远、霍邱、长丰、和县、铜陵、太湖、桐城等地为11%—17%,沿淮及其以南的其他大部分地区一般为3%—10%;淮北小麦主产区病穗率高于2003年。河南发生程度为近5年最重,其中信阳、驻马店、南阳平均病穗率分别为22%、21%、11%,最高达40%—80%,其他地区平均病穗率在5%以下。湖北、浙江、上海平均病穗率一般为10%左右,湖北北部、浙江和上海的沿江沿海地区局部严重田块达50%—80%。

2.2 气温降水时空分配不均使条锈病轻发

小麦条锈病是典型的远程气传病害,且在中国仅以夏孢子为唯一侵染形态,完成越冬存活、秋苗传染、越冬和春季流行的大区周年侵染循环^[7,10-11]。因此,越冬区、秋苗发病区和冬繁区在特定阶段(分别是夏季最热时期、秋季和冬季)的气温降水配合条件^[12-15],直接影响菌源区发病范围和程度,从而决定引起东部广大麦区春季流行的菌源量大小。2009年,西北秋苗主发区降温早、覆雪范围广,西南冬繁区秋冬春连续干旱,江淮、黄淮、华北和西北麦区早春低温且春季降水总体偏少,气温降水的时空分配不利于条锈病在侵染循环关键阶段的扩展流行,因此条锈病发生范围小、病情轻。

2.2.1 秋苗发病区越冬菌源量偏少

2009年秋季,由于西北冬麦区大部秋播期雨日(次数)多、降雨量大和各地大力推行适期晚播技术等原因,冬小麦播种期普遍推迟了5—10d,缩短了病菌侵染秋苗的时间,甘肃、宁夏、陕西等西北秋苗主发区见病迟、病情轻,是2001年以来发病最轻的年份之一。加之自11月中旬以后,甘肃、宁夏、陕西等西北冬麦区普降大雪,初雪时间比常年提前了20d以上,麦田形成了积雪覆盖,阻隔了菌源向东部和南部冬繁区的传播;另外黄淮等东部麦区气温骤降的时间较常年偏早,不具备病菌侵染秋苗和定殖的气候条件。以上原因致使冬繁区冬前越冬菌源量少,仅有四川剑阁和蓬溪、云南保山、湖北枣阳等地零星见病。

2.2.2 冬繁区冬季病情发展缓慢

2009年9月—2010年3月中旬,云南、贵州、四川南部等西南冬繁区持续少雨高温,出现有气象记录以来最严重的秋冬春连旱,致使条锈病在西南地区的冬季繁殖和扩展受到严重抑制。而秋苗见病的陕西、甘肃南部和湖北北部等冬繁区冬季持续低温,不具备条锈病显症和进一步发展的条件。因此,整个西南、西北、江汉冬繁区条锈病一直处于缓慢发展的状态;截至冬末(2月24日),条锈病发生面积仅为4.8万hm²,是近5年来的最小值,仅为前4年平均值的12.1%。

2.2.3 春季流行区始见期推迟、流行盛期短

由于江淮、黄淮、华北和西北麦区4月份气温偏低,4—5月降水总体偏少,陕西、甘肃、湖北、河南等潜育越冬区显症时间和安徽、山东、山西、河北、宁夏、青海等外来菌源区见病

时间普遍比上年或常年推迟,少则 5—10d,多则 1 个月以上;各地流行盛期均为 20—30d,比重发年份持续期明显缩短。例如,黄淮和华北麦区,河南、山西、河北和山东始见期分别为 3 月 22 日、5 月 13 日、5 月 21 日和 6 月 8 日,分别比上年晚 10、9、10 和 30d;流行盛期,河南为 5 月上旬—中甸,山西为 5 月下旬,而山东胶东、河北南部仅零星见病。

2.3 春季低温使纹枯病和白粉病发生期推迟,总体中等发生

小麦纹枯病的发生发展与日均气温关系密切,在日均温 10℃以下病情发展缓慢,日均温超过 15℃病情上升,20—25℃时发展迅速,30℃左右基本停止。小麦白粉病在 0—25℃的温度区间内均能发展,10—20℃为最适温度^[7]。春季温度高低主要影响病害潜育期的长短、始见期的早晚和病情的发展速度以及病害终止期的早迟^[16-18]。若早春气温偏高,则始见期提前,病害发展迅速;若病害发展后期高温天气来得早,则将减轻病害发生和流行程度,并使病情提前终止。2010 年,长江中下游、黄淮、华北和西北麦区受春季大范围持续低温影响,纹枯病、白粉病早春见病迟,病情发展缓慢,发生期和高峰期偏晚,大部麦区最终危害较轻,属中等发生年份。纹枯病在安徽、江苏、河南、山东、山西、河北等主发区侵茎时间比常年推迟 10d 左右,普遍在 4 月上中旬以后出现侵茎高峰;大部地区侵茎率在 10%以下,最终平均病情指数在 15 以下,处于中等及以下发生水平。各地白粉病始见期,湖北为 3 月上旬,江苏和河南中南部为 4 月上旬,河南北部、安徽、山西、山东、河北为 4 月底、5 月初,均比常年偏晚 20—30d;各地发生高峰期多集中在 5 月中旬—下旬,大田平均病情指数不超过 10,多处于中等及以下发生水平。

2.4 早春气温低和气温回升慢使小麦虫害发生期推迟,局地麦蜘蛛和穗期麦蚜危害重

2.4.1 麦蚜发生高峰期推迟,穗期危害重

据研究^[17],在中国发生成灾的各种麦蚜(麦长管蚜、麦二叉蚜、禾缢管蚜)的世代历期、繁殖速率及生殖力等均与温度密切相关,生长发育适温区间多在 15—20℃,均具有耐超过 25℃高温的能力。春季温度回升速度和适温维持时间是影响其种群数量增长快慢、发生期长短和危害程度轻重的重要气候因素^[19]。2010 年,受早春气温低和气温回升慢影响,麦蚜早春基数低、前期发生轻,高峰期推迟,穗期虫量上升快、持续时间长、发生危害重。

江淮、黄淮和华北麦区麦蚜春季始见期比常年偏晚 10d 左右,且在 4 月下旬以前各地平均百株蚜量一直维持在几头至几十头水平,小麦生长前期未出现明显的危害高峰。4 月底、5 月初随气温稳定回升,蚜量迅速上升,5 月中旬达发生高峰期,高峰期平均百株蚜量一般为 1000—2000 头。且黄淮和华北麦区 5—6 月无干热风天气,温度适宜小麦后熟和麦蚜种群繁殖,穗期危害时间长、发生较重,如山西运城、河南中南部、安徽沿淮的局部未防田块最高百株蚜量达 2—3 万头。

2.4.2 麦蜘蛛发生晚、盛期短,局地发生较重

中国主要发生的两种麦蜘蛛为麦叶爪螨和麦岩螨,其生长发育适宜温度分别为 8—15℃和 15—20℃,气温超过 20℃时种群即可大量死亡^[17],其危害盛期分别为小麦孕穗期之前和小麦孕穗至始穗期。2010 年,由于中国大部麦区早春气温低、气温回升慢,麦蜘蛛早春基数低、春季增殖慢,发生盛期偏晚且持续时间短,大部地区危害轻,仅局部气候条件和田间生态适宜的地区发生较重。各地高峰期平均每尺单行虫量多为 30—300 头,仅山西南部平川麦区、河南漯河等地达 800—1000 头,个别长势弱和受冻严重的田块可达 5000—10000 头。

3 结论

(1) 2009—2010 年度冬小麦生育期,先后经历了江淮、黄淮、华北、西北麦区初冬强降温和大范围降雪,西南麦区秋冬春三季连旱,大部麦区春季持续低温等异常天气气候事件,导致小麦重大病虫害发生时期推迟,条锈病等跨区域流行病害扩展范围小、发生轻,纹枯病、白粉病发生范围广、中等程度发生,麦蜘蛛等以抽穗前危害为主的虫害发生较轻,赤霉病、蚜虫等对穗期威胁大的病虫害发生重。这是异常天气气候条件对小麦病虫害发生流行显著影响的很好例证。

(2) 影响小麦重大病虫害发生程度的关键时期和关键气象因子各有不同,这是进行病虫害预测预报分类指导、提出关注重点的依据。具体而言,对于条锈病和白粉病等存在越夏、越冬等周年循环薄弱环节的跨区域流行病害,各菌源区关键阶段的气温降水时空分配对病害流行的适合度是决定东部广大麦区春季流行范围的前提条件,而春季气温回升快慢、降水多少和高温来临迟早则是影响最终流行程度的关键因子;对于纹枯病、赤霉病等菌源广泛存在且以当地菌源为主的病害,影响其发生范围和危害程度的主要因素是寄主感病生育期与病菌侵染时期的吻合程度以及当时天气气候条件的适宜程度;对于麦蚜、麦蜘蛛等符合“J 型增长曲线”的害虫^[20],保持适宜温湿度等气候条件的时期长短是影响其生长繁殖速度和发生危害程度的主要因素。

(3) 农作物与病虫害之间的互作关系是农业生态系统中长期协同进化的产物。温度、湿度、降雨量、阴雨日数和日照数等天气气候条件共同作用于农作物(寄主)和病虫害(寄生物)。在风调雨顺、气候适宜的年份,小麦生长顺利、发育正常,为病虫提供良好的营养条件,同时天气条件也往往适宜于重大病虫害的发生发展;在天气气候异常的年份,小麦生长发育受到严重影响,病虫害的发生发展总体受到抑制,但某段时期和某些区域的天气气候条件往往会适宜某些病虫害的发生,导致病虫危害高峰期、重点区域和重发种类的显著变化。因此,异常天气气候背景下,在关注大区域长期气候变化的同时,更应密切注意各个区域各时段、特别是对应关键时期和关键气象因子的天气变化对农作物生长发育和病虫害发生发展的影响,在监测范围上做到“大小兼顾、长短

结合”,在方法应用上做到“分类关注、抓住关键”,从而更准确地把握病虫害发生趋势,为做好灾害评估提供依据。

参考文献 (References)

- [1] 南京农业大学, 江苏农学院, 安徽农学院, 等. 农业昆虫学 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995: 1.
Nanjing Agricultural University, Jiangsu Agricultural College, Anhui Agricultural College, et al. Agricultural entomology [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1995: 1.
- [2] 陈利锋, 徐敬友. 农业植物病理学 (南方本) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 2.
Chen Lifeng, Xu Jingyou. Agricultural plant pathology (Southern part of China) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001: 2.
- [3] 许志刚. 普通植物病理学 [M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 3.
Xu Zhigang. General plant pathology [M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 3.
- [4] 姜瑞中, 曾昭慧, 刘万才, 等. 中国农作物主要生物灾害实录 (1949—2000) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
Jiang Ruizhong, Zeng Zhaozhui, Liu Wancai, et al. Crop biological disaster records in China (1949—2000) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005.
- [5] 曾娟, 姜玉英. 2009 年小麦病虫害发生特点及原因分析 [J]. 中国植保导刊, 2009, 29(S): 58—61, 91.
Zeng Juan, Jiang Yuying. China Plant Protection, 2009, 29(S): 58—61, 91.
- [6] 国家气候中心. 气候系统监测公报 [EB/OL]. [2011-01-15]. <http://cmdp.ncc.cma.gov.cn/Monitoring/bulletin.php>.
National Climate Center. Climate system monitoring bulletin [EB/OL]. [2011-01-15]. <http://cmdp.ncc.cma.gov.cn/Monitoring/bulletin.php>.
- [7] 姜玉英. 小麦病虫害发生与监控 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
Jiang Yuying. The occurrence and supervision of wheat pests, diseases and weeds [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [8] 汪平, 刘跃华, 黄学虹, 等. 小麦赤霉病流行定量预测的研究 [J]. 安徽农业科学, 2000, 28(3): 318—319.
Wang Ping, Liu Yuehua, Huang Xuehong, et al. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2000, 28(3): 318—319.
- [9] 吴春艳, 李军, 姚克敏. 小麦赤霉病发病程度的预测 [J]. 中国农业气象, 2003, 24(4): 19—21.
Wu Chunyan, Li Jun, Yao Kemin. Chinese Journal of Agrometeorology, 2003, 24(4): 19—21.
- [10] 马占鸿, 石守定, 姜玉英, 等. 基于 GIS 的中国小麦条锈病菌越冬区

- 气候区划 [J]. 植物病理学报, 2005, 34(5): 455—462.
Ma Zhanhong, Shi Shouding, Jiang Yuying, et al. Chinese Journal of Plant Pathology, 2005, 34(5): 455—462.
- [11] 陈刚, 王海光, 张录达, 等. 小麦条锈病区域流行相关性研究初报 [J]. 中国农学通报, 2006, 22(7): 415—420.
Chen Gang, Wang Haiguang, Zhang Luda, et al. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(7): 415—420.
- [12] 曹宏, 兰志先. 陇东小麦条锈病发生流行的原因与持续控制对策 [J]. 植物保护, 2003, 29(2): 39—41.
Cao Hong, Lan Zhixian. Plant Protection, 2003, 29(2): 39—41.
- [13] 张旭东, 尹东, 万信, 等. 气象条件对甘肃冬小麦条锈病流行的影响研究 [J]. 中国农业气象, 2003, 24(4): 26—28.
Zhang Xudong, Yin Dong, Wan Xin, et al. Chinese Journal of Agrometeorology, 2003, 24(4): 26—28.
- [14] 胡小平, 杨之为, 李振岐, 等. 汉中地区小麦条锈病流行因子分析 [J]. 西北农业学报, 2000, 9(2): 36—38.
Hu Xiaoping, Yang Zhiwei, Li Zhenqi, et al. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2000, 9(2): 36—38.
- [15] 李刚. 甘肃陇东 1975~1994 年小麦条锈病流行因素初析 [J]. 植物保护, 1995, 21(4): 2—4.
Li Gang. Plant Protection, 1995, 21(4): 2—4.
- [16] 居为民, 高苹. 气象条件对小麦白粉病发生影响的研究 [J]. 气象, 2006, 26(2): 50—53.
Ju Weimin, Gao Ping. Meteorology, 2006, 26(2): 50—53.
- [17] 姚树然, 李春强, 霍治国, 等. 河北小麦白粉病流行的气象指标研究 [J]. 自然灾害学报, 2008, 17(4): 38—43.
Yao Shuran, Li Chunqiang, Huo Zhiguo, et al. Journal of Natural Disasters, 2008, 17(4): 38—43.
- [18] 肖志强, 陈俊, 樊明, 等. 陇南山区气候变化及其对小麦白粉病流行的影响 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(30): 16931—16936.
Xiao Zhiqiang, Chen Jun, Fan Ming, et al. Journal of Anhui Agricultural Science, 2010, 38(30): 16931—16936.
- [19] 司奉泰, 吕曙光, 张翠英. 菏泽市麦蚜发生量预测模型 [J]. 安徽农业科技. 2009, 37(1): 207—208.
Si Fengtai, Lu Shuguang, Zhang Cuiying. Journal of Anhui Agricultural Science, 2009, 37(1): 207—208.
- [20] 北京农业大学. 昆虫学通论 (下册) [M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 1999.
Beijing Agricultural University. General theory of entomology (Second volume) [M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 1999.

(责任编辑 吴晓丽)



《科技导报》“研究论文”栏目征稿

“研究论文”栏目专门发表自然科学、工程技术领域具有创新性的研究论文,要求学术价值显著、实验数据完整、具有原始性和创造性,同时应重点突出、文字精炼、引证及数据准确、图表清晰,并附中、英文摘要以及作者姓名、所在单位、通信地址、关键词等信息。在线投稿: www.kjdb.org。