

DOI: 10.5846/stxb201404100697

赵俊芳, 赵艳霞, 郭建平, 穆佳. 基于干热风危害指数的黄淮海地区冬小麦干热风灾损评估. 生态学报, 2015, 35(16): 5287-5293.

Zhao J F, Zhao Y X, Guo J P, Mu J. Assessment of the yield loss of winter wheat caused by dry-hot wind in Huanghuaihai Plain based on the hazard index of dry-hot wind. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(16): 5287-5293.

基于干热风危害指数的黄淮海地区冬小麦干热风灾损评估

赵俊芳, 赵艳霞, 郭建平*, 穆 佳

中国气象科学研究院, 北京 100081

摘要: 全球气候变化背景下, 农业气象灾害呈上升态势。干热风灾害发生区域、次数和强度都发生了明显的变化。研究干热风灾害对农作物的影响对于我国农业可持续发展、保障粮食安全等均具有重要的现实意义。利用黄淮海地区 68 个气象台站 1961—2010 年的逐日气象资料, 和 54 个农业气象试验站 1981—2006 年小麦的发育期、产量、干热风灾害等数据, 采用公认的中国气象局 2007 年发布的气象行业标准《小麦干热风灾害等级》中冬小麦干热风灾害指标, 计算干热风危害指数, 进一步细化发育期, 确定冬小麦抽穗前气象条件对气象产量影响的关键气象因子, 分离干热风年冬小麦气象产量, 构建重度干热风影响下干热风危害指数与冬小麦抽穗—成熟阶段气象条件对气象产量影响的统计模型, 进行 1981—2006 年黄淮海地区冬小麦干热风灾损的评估。结果表明: (1) 重度干热风危害下, 1981—2006 年期间黄淮海各地区冬小麦不同发育时段的干热风危害指数平均在抽穗—开花时段最大, 乳熟—成熟时段居中, 开花—乳熟时段最小, 分别为 0.17、0.15 和 0.14, 平均 0.15; (2) 冬小麦抽穗前气象条件对气象产量影响的关键气象因子为: 播种—出苗期间的最低气温、拔节—孕穗期间的平均气温和孕穗—抽穗期间的平均气温, 各个单因子相关系数分别为 0.64、0.86 和 0.99, 均达到极显著水平。其中播种—出苗的最低气温可决定小麦出苗的迟早和苗情; 拔节—孕穗期间, 在小花原基形成期—四分体形成期气温偏低可延长小穗、小花分化时间, 防止退化, 提高结实率; 孕穗—抽穗的平均气温偏高有利于提早抽穗, 延长后期灌浆时间, 且晴天有利于开花授粉; (3) 分离干热风年冬小麦气象产量后, 构建了重度干热风影响下干热风危害指数与冬小麦抽穗—成熟 3 个阶段气象条件对气象产量影响的统计模型, 验证结果表明该模型客观上能够综合地反映干热风在不同发育阶段对小麦产量的影响。进一步灾损评估表明: 重度干热风危害下, 黄淮海地区冬小麦减产率在 21.52%—39.80% 之间, 平均为 27.83%。

关键词: 干热风; 黄淮海地区; 冬小麦; 灾损; 评估

Assessment of the yield loss of winter wheat caused by dry-hot wind in Huanghuaihai Plain based on the hazard index of dry-hot wind

ZHAO Junfang, ZHAO Yanxia, GUO Jianping*, MU Jia

Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: Under global climate change, agricultural meteorological disasters are increasing. The affected area, frequency, and intensity of dry-hot wind have significantly changed. Therefore, researching the impacts of dry-hot wind on crops will have great practical significance for sustainable agriculture development and food security. In this study, the following were used to evaluate the yield loss of winter wheat caused by dry-hot wind in Huanghuaihai Plain: (1) the daily climate variables gathered from 68 meteorological stations in Huanghuaihai Plain from 1961 to 2010; (2) the observations (growth stages, yield, hot wind disasters of winter wheat, etc.) from 54 agro-meteorological experimental stations in Huanghuaihai

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目 (2011BAD32B01)

收稿日期: 2014-04-10; 修订日期: 2014-09-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gjp@cams.cma.gov.cn

Plain from 1981 to 2006; (3) recognized hazard indicators about disaster grades of dry-hot wind for winter wheat from the meteorological industry standard which was released by China Meteorological Administration in 2007; (4) detailed developmental stages in which dry-hot wind occurred: from tasseling to flowering, from flowering to milky maturity, and from milky maturity to maturity. The hazard index of dry-hot wind was further calculated. The key meteorological factors affecting the meteorological yield of winter wheat before tasseling were determined. The meteorological yields of winter wheat during the year of dry-hot wind were separated. Next, in order to evaluate the yield loss of winter wheat caused by dry-hot wind, the model was constructed between the hazard index of severe dry-hot wind and the effect of meteorological conditions on meteorological yield before heading. The results showed that: (1) under severe dry-hot wind, the average hazard index of dry-hot wind from 1981 to 2006 in Huanghuaihai Plain was the highest during the stage from tasseling to flowering (0.17), medium during the stage from milky maturity to maturity (0.15), and the lowest during the stage from flowering to milky maturity (0.14), with an average of 0.15; (2) the key meteorological factors determining the effect of meteorological conditions on meteorological yield before tasseling were the minimum temperature during the stage from sowing to emergence, the average temperature during the stage from jointing to booting, and the average temperature during the stage from booting to tasseling. Among them, the minimum temperature during the stage from sowing to emergence can determine the seeding time of wheat and the detailed growth of the seedlings. As for the stage from jointing to booting, the low temperature in the flower primordia-tetrad formation period can prolong the spike and floret time, prevent degradation, and improve the seed maturation rate. The high average temperature during the stage from booting to tasseling is conducive to early heading, to extend the late filling time. Furthermore, it is favorable for pollination to occur during sunny days. (3) After clarifying the meteorological yields of winter wheat during the year in which dry-hot wind occurred, the statistical models describing the relationships between the hazard index of severe dry-hot wind and the effect of meteorological conditions on meteorological yield were constructed. These models could synthetically reflect the impact of dry-hot wind on wheat yield at different developmental stages. The assessment showed that the yield losses of winter wheat caused by severe dry-hot wind disaster in Huanghuaihai Plain were between 21.58% and 39.96%, with an average of 27.91%.

Key Words: dry-hot wind; Huanghuaihai Plain; winter wheat; yield loss; assessment

干热风是一种高温、低湿并伴有一定风力的农业灾害性天气。在中国有干热风、热风、干旱风及热干风等不同称呼。干热风主要危害在于高温低温环境造成冬、春小麦及棉花等作物生理干旱,影响产量。小麦干热风是我国北方普遍发生的一种农业气象灾害。气候变暖背景下,极端气候事件趋强趋多^[1],北方麦区干热风发生区域、次数和强度都明显发生了变化。干热风气象灾害对全球变暖的响应较为敏感,已成为气候变化研究中的重点和热点问题之一^[2-3]。因此,气候变暖背景下研究干热风等农业气象灾害对农作物的影响对于我国农业可持续发展、保障粮食安全等均具有重要的现实意义。

黄淮海地区是中国重要的商品粮生产基地,以冬小麦-夏玉米二熟制为主,在国家粮食安全保障战略中居重要地位^[3]。由于气候变暖,特别是 20 世纪 80 年代中期以后,黄淮海地区年平均气温发生了改变,这必将对干热风的发生频率、危害程度等产生一系列影响,因此在气候变暖的背景下,评估近年来黄淮海地区冬小麦干热风造成的损失,提出有效防御干热风的主要途径和技术措施,可为该区农作物安全生产、趋利避害和防灾减灾提供科学决策依据。

我国开展干热风研究已有几十年的历史,研究成果也非常丰富,但多是在省级层面上针对干热风危害的特征^[3-6]、成因^[7-8]、防御^[9-12]、监测^[13]及对气候变化的响应^[14-15]分析。此外,针对黄淮海地区小麦干热风对产量的影响也开展了一些研究^[16-18]。例如,史印山等^[17]通过分析河北省冬麦区 1971—2005 年 5 月 10 日至 6 月 10 日逐日降水、气温、湿度、风速及 1981—2005 年逐年小麦千粒重等资料,发现河北省冬麦区干热风总日数与小麦千粒重具有负相关关系。王明涛等^[18]利用 1961—2009 年(5 月 15 日—6 月 10 日)山东省滨州市 7

个台站逐日最高气温、14:00 相对湿度、14:00 风速及 1980—2009 年逐年小麦千粒重资料,采用周期方差外推法、回归分析等统计方法,对不同类型干热风对小麦千粒重的影响进行了初步分析,结果表明重干热风天气过程严重影响冬小麦千粒重和产量,通过重干热风天气过程出现次数与千粒重建立的回归方程表明两者具有较显著的负相关性。然而,到目前为止,关于在区域尺度上针对黄淮海地区冬小麦干热风灾害监测预警评估与防御方面的研究仍十分薄弱,远远不能满足防灾减灾、保证粮食安全生产的需求。因此,迫切需要进一步加强这方面的研究。

鉴于此,本研究在已有研究的基础上,基于黄淮海地区 68 个气象台站 1961—2010 年的逐日气象资料,和 54 个农业气象试验站 1981—2006 年小麦的发育期、产量、干热风灾害等数据,采用公认的冬小麦干热风灾害指标,计算干热风危害指数,进一步细化发育期,确定冬小麦抽穗前气象产量的关键气象因子,分离干热风年冬小麦气象产量,构建重度干热风影响下干热风危害指数与冬小麦抽穗—成熟阶段气象条件对气象产量影响的统计模型,进行 1981—2006 年黄淮海地区冬小麦干热风灾损的评估,为气候变化背景下黄淮海地区农业应对气候变化和安全生产提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 数据来源与处理

气象数据来源于中国气象局,采用黄淮海地区 68 个气象台站 1961—2006 年逐日气象资料,以日最高气温、14:00 相对湿度和 14:00 相对风速作为分析依据。农作物数据来源于国家气象信息中心农业气象观测报表,包括 54 个农业气象试验站 1981—2006 年小麦的发育期、产量、干热风灾害(发生区域、发生时间、发生程度)等数据。利用 EXCEL、FORTRAN 程序进行计算,并通过 SPSS 软件进行逐步回归分析。

1.2 冬小麦干热风气象指标的选择

干热风的灾害类型一般分为高温低湿型、雨后热枯型和旱风型,其中高温低湿型在小麦开花灌浆过程(5 月中下旬到 6 月上中旬)均可发生,是黄淮海地区干热风的主要类型^[3]。本研究主要考虑高温低湿型,其指标采用中国气象局 2007 年发布的气象行业标准《小麦干热风灾害等级》^[19](表 1),以日最高气温和 14:00 相对湿度为主要因子,14:00 相对风速作为辅助因子。由于受收集的干热风灾害等资料的限制,本研究主要分析重度干热风灾害。

表 1 黄淮海地区冬麦区干热风灾害等级指标

Table 1 Disaster grades of dry-hot wind for winter wheat in Huanghuaihai Plain

时段 Period	天气背景 Weather background	轻 Light			重 Severe		
		日最高气温/℃ Daily maximum temperature	14:00 相对 湿度/% Relative humidity at 14:00	14:00 相对 风速(m/s) Relative wind at 14:00	日最高气温/℃ Daily maximum temperature	14:00 相对 湿度/% Relative humidity at 14:00	14:00 相对 风速(m/s) Relative wind at 14:00
在小麦扬花灌浆过程中都可发生,一般发生在小麦开花后 20d 左右至蜡熟期	温度突升,空气湿度骤降,并伴有较大风速	≥32	≤30	≥3	≥35	≤25	≥3

1.3 冬小麦干热风危害指数的换算

为了科学地分析日最高气温、14:00 相对湿度和 14:00 相对风速三要素对小麦的危害程度,根据干热风的定义及在王春乙等^[20]的研究基础上,本文将三要素综合换算成干热风危害指数,其重度干热风危害指数方程式如下:

$$E = W_T \frac{T - T_0}{T_0} + W_R \frac{|R - R_0|}{R_0} + W_V \frac{V - V_0}{V_0} \quad (T \geq T_0, R \leq R_0, V \geq V_0) \quad (1)$$

式中, E 为重度干热风危害指数; W_T, W_R, W_V 分别为气温、相对湿度和风速的权重系数, 根据王春乙等^[20]的研究结果, 分别取值为 0.73、0.24 和 0.03; T 为日最高气温大于或等于 T_0 (35 °C) 时的具体数值; R 为 14:00 相对湿度小于或等于 R_0 (30%) 时的具体数值; V 为 14:00 相对风速大于或等于 V_0 (3 m/s) 时的具体数值。

1.4 冬小麦干热风灾损评估模型构建方法

1.4.1 分离干热风年冬小麦抽穗—成熟气象产量

将历史产量序列 Y 看成是趋势产量 Y_t 、小麦抽穗前气象条件对气象产量的影响 $YW1$ 、抽穗—成熟阶段气象条件对气象产量的影响 $YW2$ 之和^[13], 即:

$$Y = Y_t + YW1 + YW2 + \varepsilon \quad (2)$$

式中, Y 为历史产量, kg/hm²; Y_t 为趋势产量 (kg/hm²); $YW1$ 为小麦抽穗前气象条件对气象产量的影响 (kg/hm²); $YW2$ 为抽穗—成熟阶段气象条件对气象产量的影响 (kg/hm²); ε 为随机因素所造成的误差, 在此忽略不计。于是, 抽穗—成熟阶段气象条件对气象产量的影响 $YW2$ 可由下式分离:

$$YW2 = Y - Y_t - YW1 \quad (3)$$

小麦抽穗前气象条件对气象产量的影响 $YW1$, 可统计历年农业气象观测报表中不同发育期间气象要素, 进行小麦开花前气象因子普查和偏相关分析, 选择有生物意义的因子, 建立拟合方程。

根据式(2), 原始产量经趋势拟合和灌浆前的气象因子拟合后, 即剔除了趋势产量和灌浆前气象产量的贡献后的差值代表了灌浆期间气象条件对产量的影响和其它偶发因素对产量的影响。前者在干热风出现年份主要是受干热风的影响, 后者如病虫害、倒伏等, 历史上发生次数少, 较难考虑, 预测时可根据当年情况进行订正。

1.4.2 建立重度干热风危害指数与抽穗—成熟阶段气象产量的统计模型

由于不同灌浆时段干热风灾害对小麦的影响有差异, 扬花期使小麦结实率降低, 结实粒数减少, 穗粒重下降; 乳熟至蜡熟期影响灌浆结实, 千粒重下降。因此, 本研究基于现有农作物相关的产量、发育期、干热风灾害等相关资料, 将灌浆期分为抽穗—灌浆期、灌浆—乳熟期和乳熟—成熟期 3 个时段, 建立重度干热风灾害影响下, 抽穗—成熟阶段气象产量与抽穗—灌浆期、灌浆—乳熟期和乳熟—成熟期 3 个时段干热风危害指数的关系模型:

$$YW2 = A \times Ea + B \times Eb + C \times Ec + D \quad (4)$$

式中, $YW2$ 为抽穗—成熟阶段气象条件对气象产量的影响 (kg/hm²); Ea 为抽穗—灌浆期间重度干热风危害指数, 无单位; Eb 为灌浆—乳熟期间重度干热风危害指数, 无单位; Ec 为乳熟—成熟期间重度干热风危害指数, 无单位; A 、 B 、 C 、 D 为对应的系数。

1.4.3 冬小麦干热风灾损评估

按照小麦灌浆前的气象条件, 发生干热风后的实测产量比灌浆期未受灾的正常预计产量的减产百分比为:

$$Yd = (Y' - Y) / Y' \cdot 100\% \quad (5)$$

式中, Yd 为干热风灾害所造成的产量损失占不受干热风危害, 由灌浆前气象条件和正常投入 (社会计量产量) 应得到的产量的百分比; Y' 为灌浆期未受灾的正常预计产量 (各阶段干热风危害标准化指数为 1); Y 为发生干热风后的实测产量。

2 结果与分析

2.1 冬小麦不同发育时段重度干热风危害指数

为了分析黄淮海地区高温低湿型干热风对冬小麦不同发育时段的危害程度, 根据干热风的定义, 基于现有农作物相关的产量、发育期、干热风灾害等相关资料, 将灌浆期分为抽穗—灌浆期、灌浆—乳熟期和乳熟—成熟期 3 个时段, 分别计算了 1981—2006 年黄淮海地区重度干热风影响下冬小麦不同发育时段的干热风危

害指数(表2)。从表2可以可知,重度干热风危害下,1981—2006年期间黄淮海各地区冬小麦不同发育时段的干热风危害指数平均在抽穗—开花时段最大,乳熟—成熟时段居中,开花—乳熟时段最小,分别为0.17、0.15和0.14,平均0.15。

表2 黄淮海地区冬小麦不同发育时段的干热风危害指数

发育时段 Developmental stage	重度干热风危害指数 Hazard index of severe dry-hot wind
抽穗—开花 Tasseling-flowering	0.17
开花—乳熟 Flowering-milky maturity	0.14
乳熟—成熟 Milky maturity-maturity	0.15
抽穗—成熟合计 Tasseling-maturity	0.15

2.2 抽穗前气象产量的分离及关键气象因子的确定

社会趋势产量用年序进行正交多项式分离,本文中冬小麦社会趋势产量和抽穗前气象产量通过以下二式确定:

$$Y_t = 1400.9 + 177.36t + 0.6001t^2 - 0.0956t^3 \quad (1981 \text{ 年}, t = 1) \quad (6)$$

式中, Y_t 为社会趋势产量, kg/hm^2 ; t 为年序。

小麦抽穗前气象条件对气象产量的影响通过统计研究区 1981—2006 年小麦农业气象观测报表中不同发育期间气象要素,进行小麦开花前气象因子普查和偏相关分析,选择有生物意义的因子,建立拟合方程:

$$YW1 = 0.030 + 0.022X_1 - 0.003X_2 + 7.530X_3 \quad n = 50 \quad (7)$$

式中, $YW1$ 为小麦抽穗前气象条件对气象产量的影响 (kg/hm^2); X_1 为播种—出苗的最低气温,决定小麦出苗的迟早和苗情 ($^{\circ}\text{C}$); X_2 为拔节—孕穗的平均气温,在小花原基形成期—四分体形成期气温偏低可延长小穗、小花分化时间,防止退化,提高结实率 ($^{\circ}\text{C}$); X_3 为孕穗—抽穗的平均气温,气温偏高有利于提早抽穗,延长后期灌浆时间,且晴天有利于开花授粉 ($^{\circ}\text{C}$)。 $R = 0.82$, $P < 0.01$, 方程极显著。 X_1 、 X_2 和 X_3 各个单因子相关系数分别为 0.64、0.86 和 0.99, 均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。

2.3 构建干热风危害指数与抽穗—成熟阶段气象产量的统计模型

在干热风出现年份,分析了重度干热风影响下干热风危害指数与抽穗—成熟气象产量的关系,建立了以下统计模型:

$$YW2 = 534.132 \times Ea - 407.553 \times Eb + 1423.447 \times Ec - 47.776 \quad (8)$$

式中, $YW2$ 为小麦抽穗—成熟阶段气象条件对气象产量的影响, kg/hm^2 ; Ea 为抽穗—开花时段的干热风危害指数; Eb 为开花—乳熟时段的干热风危害指数; Ec 为乳熟—成熟时段的干热风危害指数。

2.4 冬小麦干热风灾损评估

选择数据完整的河北阜城、山东曹县、山东菏泽和山西忻州 4 个农业气象站点为例,通过对比各个站点干热风年冬小麦实测产量和模拟产量的结果,可知二者之间的相对误差绝对值都小于 1% (表 3),说明构建的统计模型客观上既能综合地反映干热风在不同发育阶段对冬小麦产量的影响,又能较好地评估重度干热风危害下,黄淮海地区冬小麦的产量损失。按照小麦灌浆前的气象条件,计算了各个站点发生干热风后的实测产量比灌浆期未受灾的正常预计产量的减产百分比。结果显示:重度干热风危害下,各个站点小麦减产率在 21.52%—39.80% 之间,平均为 27.83% (表 4)。

3 结论与讨论

本文通过构建的重度干热风影响下干热风危害指数与冬小麦抽穗—成熟阶段气象产量的统计模型,评估了 1981—2006 年黄淮海地区冬小麦由于重度干热风灾害造成的产量损失,得出了区域性的分析结果,研究成

果更加贴近生产实际,对该地区高效防御干热风危害、农作物安全生产及农业可持续发展等均具有重要意义。

表 3 黄淮海地区干热风年冬小麦实测产量和模拟产量的比较

Table 3 Comparison of measured and simulated annual yield of winter wheat caused by severe dry-hot wind in Huanghuaihai Plain				
站点(站号) Station (Number)	干热风年 Year of dry-hot wind	干热风年冬小麦 实测产量/(kg/hm ²) Measured yield of winter wheat caused by severe dry-hot wind	模拟的干热风影响下的 冬小麦产量/(kg/hm ²) Simulated yield of winter wheat caused by severe dry-hot wind	相对误差绝对值/% Absolute value of the relative error
河北阜城(54710)	1988	3195.00	3208.24	0.41
山东曹县(58002)	1997	4515.00	4528.14	0.29
山东菏泽(54906)	2001	4781.25	4792.32	0.23
山西忻州(53674)	1982	2025.00	2038.34	0.65

表 4 重度干热风危害下,黄淮海地区冬小麦灾损评估

Table 4 Assessment on the yield loss of winter wheat caused by severe dry-hot wind in Huanghuaihai Plain									
站点 Station	干热风年 Year of dry-hot wind	抽穗后气象条件对气象产量的影响 Effect of meteorological conditions on meteorological yield after tasseling/ (kg/hm ²)				抽穗前气象条件对气象产量的影响 Effect of meteorological conditions on meteorological yield before tasseling/ (kg/hm ²)	社会趋势产量/(kg/hm ²) Trend yield	正常投入应得到的产量/(kg/hm ²) Normal yield	减产率/% Yield loss
			Ea	Eb	Ec				
河北阜城	1988	228.95	0.17	0.14	0.18	156.81	2809.24	4468.30	28.20
山东曹县	1997	247.37	0.17	0.13	0.19	147.87	4119.77	5769.89	21.52
山东菏泽	2001	155.03	0.18	0.13	0.12	121.47	4504.75	6128.37	21.80
山西忻州	1982	141.13	0.12	0.15	0.14	126.61	1757.26	3386.12	39.80
平均 Average									27.83

(1) 重度干热风危害下,1981—2006 年期间黄淮海各地区冬小麦不同发育时段的干热风危害指数平均在抽穗—开花时段最大,乳熟—成熟时段居中,开花—乳熟时段最小,分别为 0.17、0.15 和 0.14,平均 0.15。

(2) 分离了冬小麦气象产量,并确定了影响冬小麦抽穗前气象产量的关键气象因子为:播种—出苗期间的最低气温、拔节—孕穗期间的平均气温和孕穗—抽穗期间的平均气温。各个单因子相关系数分别为 0.64、0.86 和 0.99,均达到极显著水平。

(3) 通过计算抽穗—开花、开花—乳熟、乳熟—成熟不同发育时段的干热风危害指数,构建了重度干热风影响下干热风危害指数与冬小麦抽穗—成熟 3 个阶段气象产量的统计模型。通过对比各个站点干热风年冬小麦实测产量和模拟产量的结果,可知二者之间的相对误差绝对值都小于 1%,说明构建的统计模型客观上既能综合地反映干热风在不同发育阶段对冬小麦产量的影响,又能较好地评估重度干热风危害下,黄淮海地区冬小麦的产量损失。进一步的评估结果表明:1981—2006 年黄淮海地区冬小麦减产率在 21.52%—39.80% 之间,平均为 27.83%。

干热风是中国北方小麦开花、灌浆期间主要的灾害性天气,对小麦产量影响很大^[3]。干热风气象指标有多种^[21-22],本研究在选取干热风气象指标时,采用了气象行业标准《小麦干热风灾害等级》,该指标为现阶段公认的指标,在干热风研究史上发挥着重要作用。在计算干热风危害指数过程中,因气温、湿度和风速具有不同量纲,且绝对值差异较大,为了消除不同量纲的影响使结果更为合理,采用了各自的相对值求和方法,部分参数选用了经过本地化试验验证的前人研究结果,理论基础较为坚实。该指数能较好地反映抽穗—开花、开花—乳熟、乳熟—成熟发育时段内干热风的累积及瞬时变化效应对冬小麦的危害。随着育种技术和种植水平

的提高,干热风实际发生的气象灾害指标应有所变化,并有区域性特征,在今后的研究中应予以考虑。一般来说,干热风分为高温低湿型、雨后热枯型和旱风型 3 种。然而,雨后热枯情况下通常湿度不低,一般也不刮风,但后果往往比干热风更加严重,症状和危害机制也有所不同(烂根,青枯),80 年代以来已有一些研究论文,作为与干热风并列的另一种灾害。由于干热风的主要危害因子是高温,如果气温并不高,旱风型加剧干旱,与干热风的危害机制也有一定区别。鉴于目前对于干热风研究的复杂性及危害机制的不确定性,且高温低湿型在黄淮海麦区干热风的主要类型,因此本次研究主要考虑小麦开花灌浆过程中高温低湿型干热风的影响。近年来,黄淮海麦区雨后热枯型干热风的研究相对较少,因而在搜集数据、选择指标上存在诸多困难,将是本项目的下一个研究重点。

赵俊芳等^[3]指出虽然近 50 年来黄淮海地区冬小麦干热风灾害总体表现为减少趋势,但由于不同时期和不同区域气象要素温度、水分、风速的匹配组合的差异,因此仍然有区域性的和阶段性的干热风灾害存在。本研究结果表明,重度干热风危害下,黄淮海地区冬小麦的产量损失较大,产量受到冲击很大,生产相对更脆弱。因此,实际生产中,必须重视小麦干热风灾害的防御,可从生物措施、农业技术措施和化学措施着手来减少干热风对小麦生产的影响和危害,最有效的措施是改善农田小气候和设法增强小麦抗干热风能力^[3]。

值得注意的是,最后评估结果的准确与否还要取决于研究中所收集、使用数据的客观性与准确性。目前,在我国各地的农业气象观测站中,对农作物、自然物候和农业小气候等观测记录方式仍为目测或简单器测、手工记录和报表寄送、纸质存档等落后方式,误差大、频次低,自动化、网络化、智能化水平还很低。此外,由于观测人员的专业素质、熟练程度、观测习惯和责任心等多种原因,作物生育期、密度、苗情长势、土壤水分等观测在取样、判断、量化等环节上不可避免地受主观因素的影响^[23-24],使得农业气象要素观测精度有限,而且对于干热风、病虫害及其它农业气象灾害的田间实况记录很少,这也是造成最后研究结果较大不确定性的主要原因。今后随着干热风指标研究的不断深入、田间资料的不断完善和技术手段的不断提高,将会逐步降低研究中的不确定性。

参考文献 (References):

- [1] IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. Oslo: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- [2] 张志红,成林,李书岭,秦福生,方文松. 我国小麦干热风灾害研究进展. 气象与环境科学, 2013, 36(2): 72-76.
- [3] 赵俊芳,赵艳霞,郭建平,房世波. 过去 50 年黄淮海地区冬小麦干热风发生的时空演变规律. 中国农业科学, 2012, 45(14): 2815-2825.
- [4] 祁贵明,汪青春. 柴达木盆地干热风气象灾害分布规律及对气候变化的响应. 青海气象, 2007, (2): 20-27.
- [5] 成林,张志红,常军. 近 47 年来河南省冬小麦干热风灾害的变化分析. 中国农业气象, 2011, 32(3): 456-460.
- [6] 刘静,张学艺,马国飞,曹宁,马力文. 宁夏春小麦干热风危害的光谱特征分析. 农业工程学报, 2012, 28(22): 189-199.
- [7] 尤凤春,郝立生,史印山,段素莲,孔凡超. 河北省冬麦区干热风成因分析. 气象, 2007, 33(3): 95-100.
- [8] 时风云,徐文国,吴建河,刘平,王建英,钟天华,王春玲,毛桂萍. 濮阳近 40 年干热风特征和成因分析及防御. 中国农学通报, 2009, 25(3): 251-254.
- [9] 孔德胤,张喜林,李金田,韩君,张静. 利用海温与环流因子制作干热风危害指数预报. 内蒙古气象, 2002, (1): 11-13.
- [10] 张翠英. 菏泽市小麦干热风气候特征分析及预报. 山东气象, 2004, 24(2): 46-47.
- [11] 梁群,张国林. 辽西地区小麦干热风气候特征及其防御对策. 安徽农业科学, 2009, 37(7): 2896-2897.
- [12] 王正旺,苗爱梅,李毓富,陈玉斌,李鸿飞,王淑凤. 长治小麦干热风预报研究. 中国农业气象, 2010, 31(4): 600-606.
- [13] 刘静,马力文,张晓煜,刘玉兰,武万里,孙银川. 春小麦干热风灾害监测指标与损失评估模型方法探讨—以宁夏引黄灌区为例. 应用气象学报, 2004, 15(2): 217-225.
- [14] 刘德祥,孙兰东,宁惠芳. 甘肃省干热风的气候特征及其对气候变化的响应. 冰川冻土, 2008, 30(1): 81-86.
- [15] 邓振镛,张强,倾继祖,徐金芳,黄蕾诺,张树誉. 气候暖干化对中国北方干热风的影响. 冰川冻土, 2009, 31(4): 664-671.
- [16] 陈怀亮,邹春辉,付祥建,关文雅. 河南省小麦干热风发生规律分析. 自然资源学报, 2001, 16(1): 59-64.
- [17] 史印山,尤凤春,魏瑞江,郝立生,杨海龙. 河北省干热风对小麦千粒重影响分析. 气象科技, 2007, 35(5): 699-702.
- [18] 王明涛,马焕香,翟贵明,吴炫. 山东省滨州市干热风气候特征及对小麦千粒重的影响分析. 安徽农业科学, 2010, 38(23): 12898-12900, 12920-12920.
- [19] 霍治国,姜燕,李世奎,柏秦凤. 小麦干热风灾害等级. 北京: 气象出版社, 2007.
- [20] 王春乙,潘亚茹,李贵树. 石家庄地区干热风年型指标分析及统计预测模型. 气象学报, 1991, 49(1): 104-107.
- [21] 北方小麦干热风科研协作组. 小麦干热风. 北京: 气象出版社, 1988.
- [22] 北方小麦干热风科研协作组. 小麦干热风气象指标的研究. 中国农业科学, 1983, (4): 68-75.
- [23] 余卫东,杨光仙,张志红. 我国农业气象自动化观测现状与展望. 气象与环境科学, 2013, 36(2): 66-71.
- [24] 王春乙,张雪芬,孙忠富,吕厚荃,潘学标. 进入 21 世纪的中国农业气象研究. 气象学报, 2007, 65(5): 815-824.