

刘宏举,姚树然,董航宇. 近 57 年来河北省冬小麦干热风时空分布及突变检验[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):242–246.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2019.01.057

近 57 年来河北省冬小麦干热风时空分布及突变检验

刘宏举,姚树然,董航宇

(河北省气象科学研究所/河北省气象与生态重点实验室,河北石家庄 050021)

摘要:选取河北省 24 个农业气象观测站 1960—2016 年逐日气象资料,以日最高气温、14:00 相对湿度和 14:00 风速等 3 个气象因素作为分析依据,得到全省冬麦区近 57 年来干热风发生日数,通过线性趋势、Mann – Kendall 检验法和滑动 t 检验法等方法,研究河北省冬小麦干热风时空分布规律。结果表明,近 57 年来河北省干热风发生整体呈下降趋势,其中重度干热风下降趋势显著;轻度干热风和干热风总次数在近 57 年来并没有发生突变,而重度干热风的发生在 20 世纪 80 年代中期出现了突变性下降;干热风的空间分布呈东北部低、南部高的趋势,河北省邯郸市、邢台市的太行山山前地带以及黑龙港流域的中西部为干热风的重灾区。

关键词:干热风;河北省;冬小麦;M – K 检验;时空分布;建议

中图分类号: S429 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002 – 1302(2019)01 – 0242 – 04

干热风是冬小麦生育后期出现的一种高温低湿并伴有一定风力的综合性农业气象灾害。干热风危害的实质是高温、低湿引起农作物生理干旱,风加重了危害的程度。干热风是河北省冬小麦生产的主要气象灾害之一,主要出现在冬小麦的灌浆期,抑制小麦旗叶的光合蒸腾^[1–2],导致冬小麦灌浆速率不同程度下降^[3],千粒质量下降^[4],一般年份可造成小麦减产 1% ~ 2%,偏重年份可减产 3% 以上^[5]。干热风主要有高温低湿型、雨后热枯型、早风型等 3 种类型^[6],其中,高温低湿型是河北麦区干热风的主要类型,在小麦开花灌浆过程均可发生,其特点是高温低湿,干热风发生时温度升高,空气湿度剧降,风力在 3 ~ 4 m/s 以上;这类干热风发生的区域广,使小麦芒尖干枯炸芒,颖壳呈灰白色或青灰色,叶片卷曲凋萎,从而造成小麦大面积干枯逼熟死亡,对小麦产量威胁很大。

近年来,关于干热风的研究较多,也取得了不少成果。喇永昌等利用 1981—2014 年宁夏灌区 16 个气象站的气象资料,分析了当地春小麦高温低湿型干热风日数和天气过程次数的时空分布特征^[7];屈振江等分析了陕西省冬小麦主产区干热风的年际变化规律和空间分布特点^[8];成林等对河南省干热风发生时气象要素的变化、发生范围、天数及频率的变化进行了详细分析^[9–10];杨霏云等基于冬小麦干热风发生指标,构建了冬小麦干热风的发生强度指标,反演了华北平原冬小麦主产区 1961 年以来干热风的发生规律^[11];邹定荣等利用华北平原 48 个站点 1961—2008 年的逐日气象资料,分析了近 50 年来各站点的干热风日数及区域分异规律^[12];赵俊芳等研究了过去黄淮海地区冬小麦干热风发生的时空演变规律,并基于干热风危害指数,对黄淮海地区冬小麦干热风灾损进行了评估^[13–15]。但在现有研究中,针对河北省内干热风分布的研究相对较少,且历史较久远,所采用的干热风指标与后

来统一的中华人民共和国气象行业标准(QX/T 82—2007《小麦干热风灾害等级》)也有一定差异^[16],不能完全反映出河北省干热风发生的实际情况。

河北省作为全国的小麦生产大省之一,小麦生产的丰歉,不仅关系到农村社会经济发展和农民的切身利益,还关系到全国粮食市场的供求平衡和粮食价格的稳定;而河北省邯郸市、邢台市的太行山山前地带以及黑龙港流域的中西部为干热风的重灾区。本研究以河北省 24 个农业气象观测站 1960—2016 年逐日日最高气温、14:00 相对湿度和 14:00 风速等 3 个气象因素作为分析依据,通过线性趋势、Mann – Kendall 检验法和滑动 t 检验法等方法,研究河北省冬小麦干热风时空分布规律,以提高干热风预警的准确性和可靠性,降低干热风灾害造成的经济损失,也为后期进一步建立冬小麦干热风监测预警模型提供一定的理论和应用基础。

1 材料与方法

1.1 材料来源

河北省大部地区冬小麦在 5 月中下旬开始进入灌浆期,因而选取每年 5 月中旬至 6 月上旬(5 月 10 日—6 月 10 日)的逐日气象资料,系统分析干热风对冬小麦灌浆至成熟期的影响^[4]。选取定州、藁城、南宫、黄骅、涿州等 24 个农业气象观测站 1960—2016 年逐日气象资料,以日最高气温、14:00 相对湿度、14:00 风速等 3 个气象因素作为分析依据,具体气象站点空间分布见图 1。干热风灾害气象指标选用中华人民共和国气象行业标准(QX/T 82—2007《小麦干热风灾害等级》)规定的相应等级,具体见表 1。

表 1 干热风气象行业标准

等级	日最高气温 (℃)	14:00 相对湿度 (%)	14:00 风速 (m/s)
轻干热风	≥32	≤30	≥3
重干热风	≥35	≤25	≥3

1.2 分析方法

线性趋势:用 x_i 表示样本量为 n 的变量,用 t_i 表示 x_i 所

收稿日期:2017 – 09 – 15

基金项目:河北省气象局科研开发项目(编号:16ky10)。

作者简介:刘宏举(1985—),男,江苏泰兴人,硕士,工程师,主要从事农业气象灾害与灾害区划研究。E – mail:liu_hj2009@126.com。

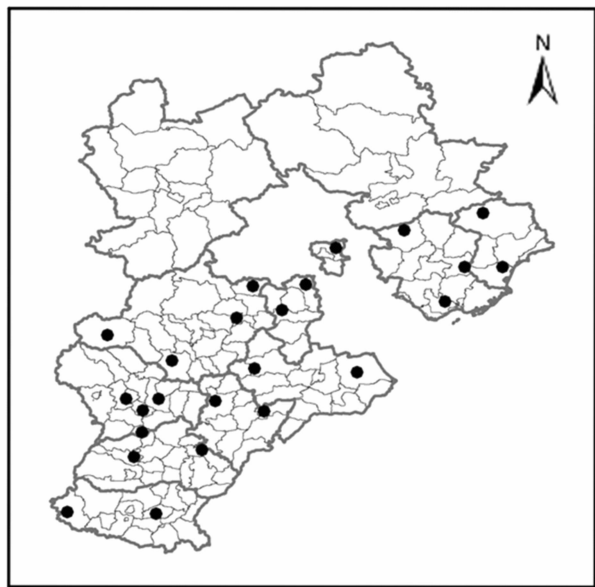


图1 所选气象站点空间分布(北部张家口、承德2市为非麦区)

对应的时间,建立 x_i 与 t_i 之间的一元线性回归方程:

$$x_i = a + bt_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n).$$

式中: a 为回归常数; b 为回归系数, b 和 a 用最小二乘法进行估计。当 $b > 0$ 时,表示随着时间的增加, x 呈上升趋势;当 $b < 0$ 时,表示随着时间的增加, x 呈下降趋势,并对结果分别进行置信度为 95%、99% 的显著性检验。

采用非参数 Mann-Kendall 突变检验法和滑动 t 检验法检测干热风发生的突变性。Mann-Kendall 检验中,UF、UB 分别表示正向、反向统计量,并给出显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的临

界线 (± 1.96)。如果 $UF > 0$,则表示序列呈上升趋势,反之则表示序列呈下降趋势;当超过 ± 1.96 时,表明上升或下降趋势达到显著水平。如果 UF、UB 等 2 条曲线出现交点,且交点在临界线之间,那么交点对映的时刻便是突变开始的时间,当出现多个突变点时,使滑动 t 检验对突变点进一步确定^[17]。

在 ArcGIS 软件下通过反距离权重插值法 (inverse distance weighted,简称 IDW) 定量分析河北省冬麦区轻度、重度干热风灾害的时空变化特征。

2 结果与分析

2.1 时间变化特征

2.1.1 年际变化特征 由图 2-a 可知,河北省轻度干热风发生最大值出现在 1967 年,发生次数为 120 站次;最小值出现在 1963 年,发生 12 站次;57 年来轻度干热风发生整体呈下降趋势,但年际间波动幅度较大,无显著差异 ($P > 0.05$);在各时段发生趋势也不尽相同,其中 1960—2000 年轻度干热风发生站次整体呈波动中下降趋势,2001 年以后又呈现上升趋势。重度干热风 (图 2-b) 在 1960—1985 年是高发期,1985 年后,除 2001 年出现 1 次极值和 2014 年 1 次相对高值外,其他年份发生均较少;其整体发生趋势与轻度干热风均呈下降趋势,但下降趋势更为明显,有显著差异 ($P < 0.05$)。干热风总站次 (图 2-c) 发生趋势与轻度干热风的变化规律更为接近,同样呈下降趋势,无显著差异 ($P > 0.05$)。近 57 年来,仅 1968、1972、2014 年等 3 年重度干热风占比超过 50%,其他年份均在 50% 以下 (图 2-d),最低的 2006 年仅占干热风总站次的 1.3%;从整体上看,重度干热风所占比重呈下降趋势,但同样无显著差异 ($P > 0.05$)。

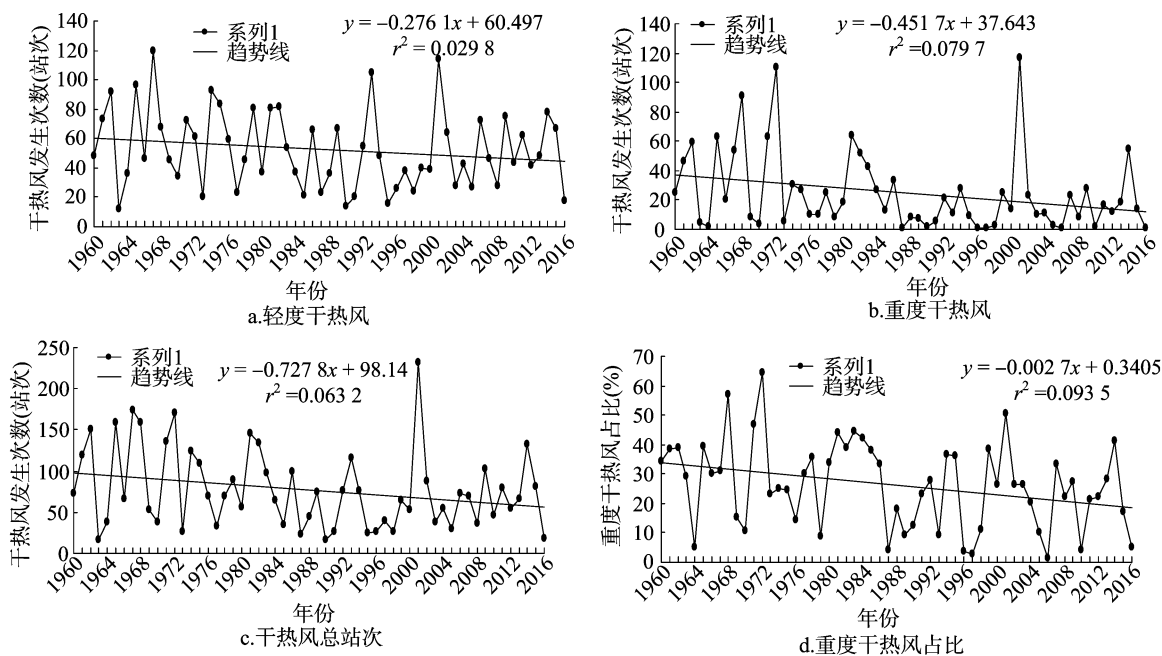


图2 1960—2016 年干热风年际变化特征

2.1.2 干热风的突变分析 对所选站点近 57 年来干热风发生站次变化进行 M-K 检验及滑动 t 检验,结果见图 3。由图 3-a 可见,在 1960—2000 年,河北省轻度干热风发生呈波动下降趋势;其中,1960—1970 年波动幅度较大,1971—1979 年

整体较平缓,1982 年后开始迅速下降,2000 年达到最低点,但没有超过 -1.96 ($P < 0.05$) 的临界值。2001 年 UF 逐渐上升,说明 2001 年开始轻度干热风加重发生,一直到 2015 年,但 UF 依然没有超过 1.96 ($P < 0.05$) 的临界值。因此,轻度

干热风的发生在近57年来并没有发生突变。图3-b为滑动 t 检验的曲线图验证了前面的观点,轻度干热风的下降或者上升均没有达到显著性水平。重度干热风UF变化与轻度干热风稍有差异(图3-c),1972年开始,UF有明显的下降趋势,1985年后更为明显,并在1997年超过-1.96($P < 0.05$)的临界值,且UF、UB曲线相交于1985年,说明重度干热风的发生在1985年出现了突变性下降。图3-d也验证了前面的观点,滑动 t 值在1986年前后达到最大值,且超过了临界值。2001年开始,干热风发生出现加重趋势,这与前人的研究结

果^[4]一致,但这种趋势并不明显,特别是在2016年,全省干热风灾害发生较轻,重度干热风仅出现1站次,发生总站次也属于历史较少年份。1996年开始这种减少趋势,并通过95%的信度检验。UF与UB曲线相交于1985年,可以认为该年为干热风出现站次发生突变的年份。干热风发生总数M-K检验结果如图3-e所示,UF、UB曲线相交于1976年,但在滑动 t 检验中,该时段滑动 t 值并没有出现峰值(图3-f),由此认为该点并不是真正的突变点,干热风发生总数在近57年来并没有发生突变。

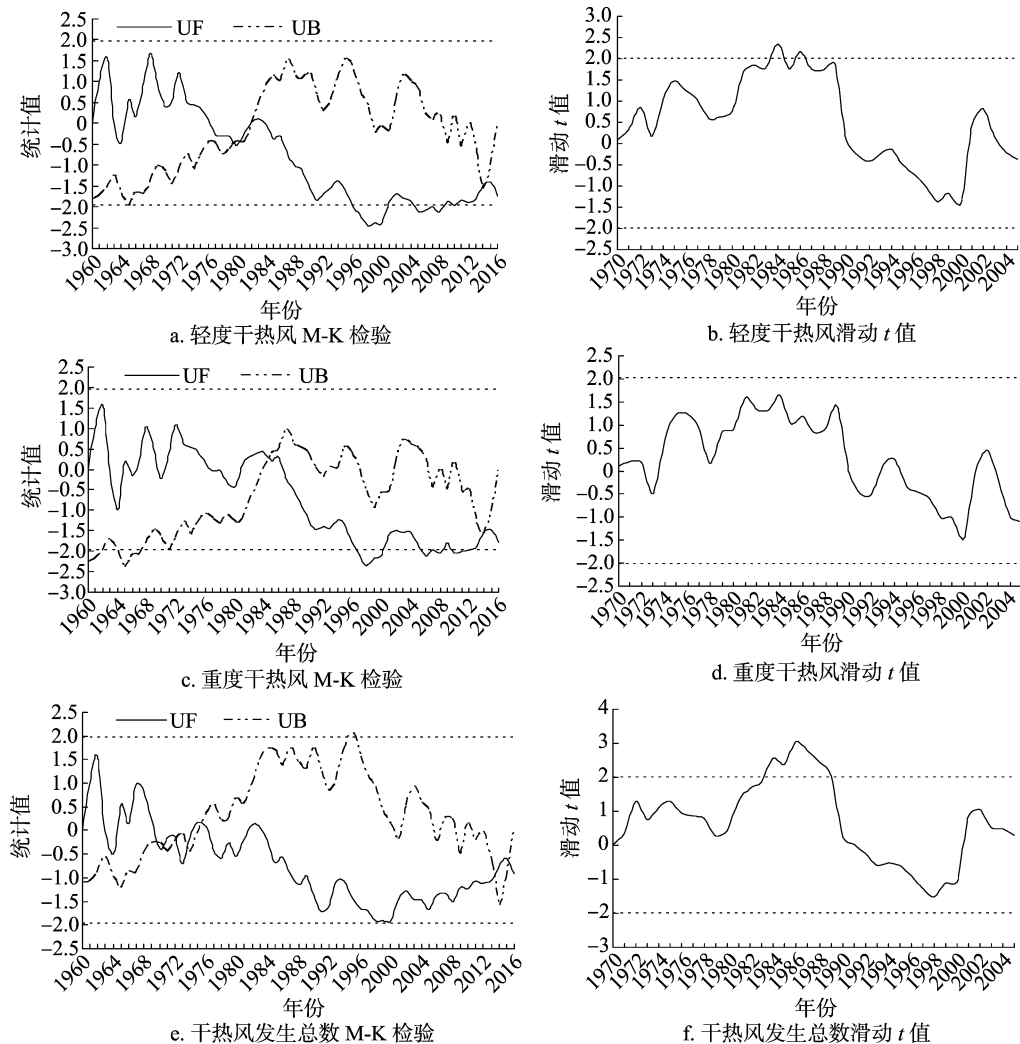


图3 1960—2016年干热风发生M-K突变检验及滑动 t 检验

2.1.3 发生时段分布 干热风发生时段对冬小麦灌浆的影响也各不相同^[18],张志红等发现,干热风对冬小麦生理机能的危害程度表现为灌浆中期>灌浆前期^[2]。5月中旬、5月下旬、6月上旬分别对应河北省冬小麦的灌浆前期、中期和后期。因此,从旬尺度分析研究区域内干热风发生时段分布,对综合评估干热风发生对冬小麦灌浆的影响有重要意义。由图4可见,随着时间的推迟,轻、重干热风的发生均呈上升趋势,重度干热风上升趋势更为明显。5月下旬轻、重干热风发生次数均最少,分别占总站次的18.9%、11.8%;5月中旬轻、重干热风发生次数分别占总站次的40.2%、32.3%;6月上旬轻、重干热风发生站次均为时段内最高,分别占总站次的

40.9%、55.9%。超过50%的重度干热风发生在冬小麦的灌浆后期,灌浆中期次之,灌浆前期不管是轻度干热风还是重度干热风,发生的概率均最小。

2.2 空间分布

根据表1中干热风气象行业标准(QX/T 82—2007《小麦干热风灾害等级》)计算出各站点年均干热风日数,结果见表2。轻、重干热风的分布具有比较高的一致性,最大值均出现在南宫市,年均轻、重干热风发生次数分别为3.5、2.2次,同区域的肥乡、内丘、涉县等地也是干热风发生的重灾区。东北部为干热风发生较少区域,其中唐海轻、重干热风年均发生次数仅为0.5、0.1次,同区域的昌黎、青龙等干热风发生也均较少。

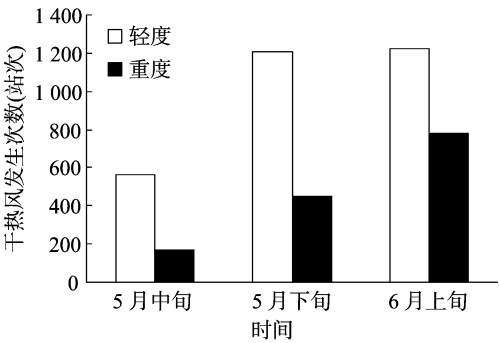


图4 不同时段内轻度、重度干热风发生情况

表 2 1960—2016 年河北省冬麦区农业气象观测站年均干热风日数

站名	日数(次)		站名	日数(次)	
	轻度干热风	重度干热风		轻度干热风	重度干热风
阜平	3.2	1.1	容城	1.8	0.5
定州	2.5	1.1	廊坊	2.3	1.0
藁城	1.6	0.9	霸州	2.5	1.1
石家庄	2.1	1.2	三河	1.1	0.3
栾城	1.4	0.7	滦县	1.3	0.3
高邑	1.7	1.1	唐海	0.5	0.1
内丘	3.3	1.9	昌黎	1.0	0.3
涉县	3.1	1.2	深县	2.6	1.2
肥乡	2.8	2.0	河间	2.9	1.4
遵化	1.9	0.6	黄骅	3.0	1.4
青龙	1.4	0.3	南宫	3.5	2.2
涿洲	2.0	0.7	阜城	3.1	1.7

根据各站点的计算结果,按其站点所在的经纬度,在 ArcGIS 中以反距离权重法进行插值,得到所选区域的年均干热风日数[图 5(承德、张家口为非种植区)]。河北省冬麦区年均轻度(图 5-a)、重度(图 5-b)干热风日数分布一致,大体呈东北部低、南部高的趋势。河北省邯郸、邢台的太行山山前地带以及黑龙港流域的中西部为干热风的重灾区,东北部的唐山、秦皇岛地区为低值区;南宫、肥乡、黄骅一带是干热风的高发区域。本研究所选 24 个农业气象观测站点 57 年来总计发生轻度干热风 2 992 站次,平均每年每站 2.18 次;总计发生重度干热风 1 399 站次,平均每年每站 1.02 次。

3 结论与讨论

近 57 年来,河北省干热风发生整体呈下降趋势,重度干热风的下降趋势更为明显,通过了显著性检验($P < 0.05$)。轻度干热风和干热风总次数的下降并没有通过显著性检验($P > 0.05$)。从年际尺度上看,河北省 1960—1990 前期是干热风的高发时期,80 年代中后期到 90 年代末,干热风发生较少,2001 年出现历史极大值,发生干热风共 231 站次,这次干热风灾害发生突然性强,波及范围广。此后,干热风的发生进入一个短暂的低谷期,之后又呈缓慢上升的趋势。

根据 M-K 检验及滑动 t 检验结果,轻度干热风和干热风总数在近 57 年来并没有发生突变,而重度干热风的发生在 20 世纪 80 年代中期出现了突变性下降。

从区域上看,河北省麦区各站点的年均轻度、重度干热风

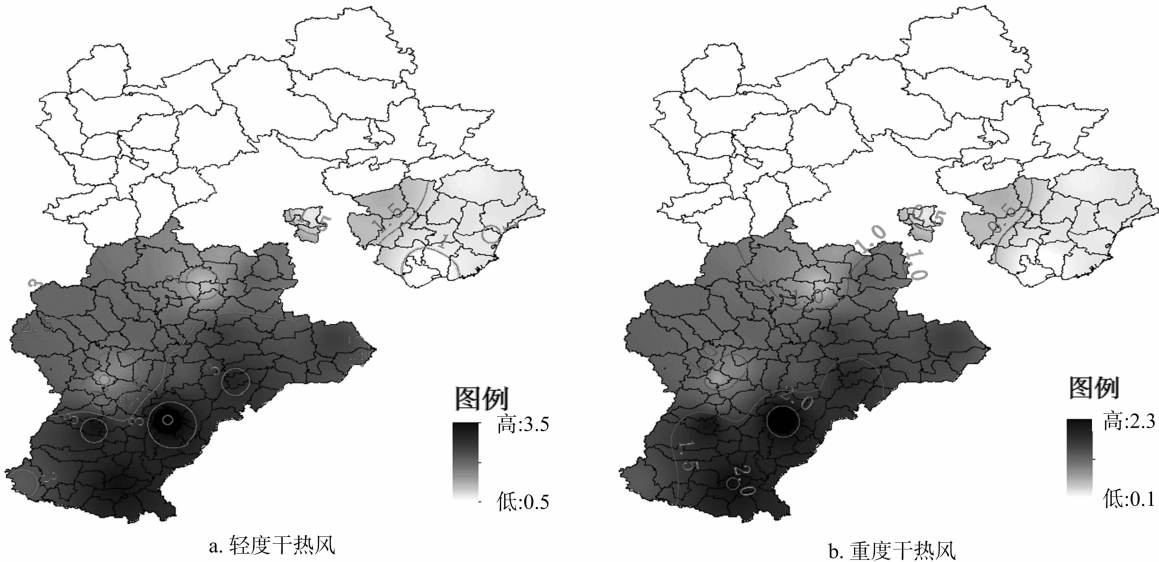


图5 河北省冬麦区 1960—2016 年干热风年平均日数分布

日数分布一致,大体呈东北部低、南部高的趋势。河北省邯郸、邢台的太行山山前地带以及黑龙港流域的中西部为干热风的重灾区,东北部的唐山、秦皇岛地区为低值区;南宫、肥乡、黄骅一带是干热风的高发区域。

气象指标虽然可以作为判别干热风发生的依据,但其危害程度却不仅仅是由气象指标决定的。还与土壤墒情、小麦发育期、品种、干热风持续时间、农田小气候等有密切联系^[19-21]。在小麦籽粒中积累的干物质中,有 70%~80% 来自于开花期至灌浆成熟期间的生育后期^[22],通过对河北省冬

小麦干热风时空分布规律的研究,可以提高干热风预警的准确性和可靠性,对于冬小麦干热风灾害的防灾减灾有着重要的现实意义。

参考文献:

[1] 赵风华,居 辉,欧阳竹. 干热风对灌浆期冬小麦旗叶光合蒸腾的影响[J]. 华北农学报,2013,28(5):144-148.
[2] 张志红,成 林,李书岭,等. 干热风天气对冬小麦的生理影响[J]. 生态学杂志,2015,34(3):712-717.

蔡雄飞,李 丁,王 济,等. 基于改进模糊数学法的五马河沿岸土壤重金属污染评价[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):246-250.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.058

基于改进模糊数学法的五马河沿岸 土壤重金属污染评价

蔡雄飞,李 丁,王 济,宣 斌,段志斌,梁 萍

(贵州师范大学地理与环境科学学院,贵州贵阳 550025)

摘要:为查明五马河沿岸农田土壤环境质量状况,实地采集表层土壤样品 63 个,分析 Cu、Cd、Pb、Zn、Hg 和 As 共 6 种重金属元素含量,采用“超标倍数法”和“双权重超标赋权法”组合而成的改进模糊数学综合评价法进行综合评价,同时运用单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法对评价结果进行对比分析。结果表明,土壤样品中 Cu、Cd、Pb、Zn、Hg、As 含量平均值分别为 37.99、0.013、51.58、93.71、0.148、6.33 mg/kg,Cu 和 Pb 含量平均值超过了土壤环境质量 I 级标准。改进模糊数学法评价显示,各样点 I 级隶属度均较高,说明研究区土壤质量安全。单因子污染指数反映研究区有 3.17% 样点 Cu 污染达到中等污染水平,内梅罗综合污染指数表明研究区有 33.33% 的点位处于轻度污染水平,表明研究区土壤环境质量总体良好,应做好土壤环境质量的预防和保护工作。

关键词:五马河;土壤;重金属;改进模糊数学;污染指数;污染评价;对比分析;综合评价

中图分类号:X53 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)01-0246-05

土壤是人类赖以生存的物质基础,是人类不可或缺的自然资源,也是人类环境的重要组成部分。目前我国农田土壤

收稿日期:2018-03-01

基金项目:贵州省科技支撑计划(编号:黔科合支撑[2017]2580);贵州省科学技术基金重点项目(编号:黔科合 JZ 字[2014]2012 号)。

作者简介:蔡雄飞(1982—),男,贵州盘县人,博士,副教授,主要从事土壤侵蚀、重金属污染研究。E-mail:gz.caixiongfei@163.com。

通信作者:王 济,博士,教授,硕士生导师,主要从事土壤重金属污染与修复研究。E-mail:wangji@gznu.edu.cn。

正遭受各种污染的威胁,总污染超标率达 16.1%,其中 80% 农田土壤污染是由重金属超标导致的^[1-2]。重金属进入土壤后,既会对土壤中微生物的数量和活性产生影响,同时被作物的根系吸收后影响作物的生长及品质,最终经食物链进入人体,威胁人体健康^[3]。目前,土壤重金属污染评价方法较多,比较常用的有单因子污染指数法、内梅罗综合污染指数法、潜在生态风险指数法和地累积指数法等^[4-8]。由于评价目标、尺度和评价指标的差异性,不同模型计算的评价结果也可能

[3]成 林,张志红,方文松. 干热风对冬小麦灌浆速率和千粒重的影响[J]. 麦类作物学报,2014(2):248-254.

[4]史印山,尤凤春,魏瑞江,等. 河北省干热风对小麦千粒重影响分析[J]. 气象科技,2007,35(5):699-702.

[5]陈怀亮,邹春辉,付祥建,等. 河南省小麦干热风发生规律分析[J]. 自然资源学报,2001,16(1):59-64.

[6]邓振镛,张 强,徐金芳,等. 高温热浪与干热风的危害特征比较研究[J]. 地球科学进展,2009,24(8):865-873.

[7]喇永昌,李丽平,张 磊. 宁夏灌区春小麦干热风灾害的时空特征[J]. 麦类作物学报,2016(4):516-522.

[8]屈振江,郑小华,李星敏. 陕西省冬小麦干热风分布特征及预测研究[J]. 中国农学通报,2013,29(18):50-56.

[9]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[J]. 中国农业气象,2011,32(3):456-460,465.

[10]陈怀亮,邓 伟,张雪芬,等. 河南小麦生产农业气象灾害风险分析及区划[J]. 自然灾害学报,2006,15(1):135-143.

[11]杨霖云,朱玉洁,刘伟昌. 华北冬麦区干热风发生规律及风险区划[J]. 自然灾害学报,2013,22(3):112-121.

[12]郭定荣,刘建栋,刘 玲,等. 近 50 年华北平原干热风时空分布特征[J]. 自然灾害学报,2012,21(5):167-172.

[13]赵俊芳,赵艳霞,郭建平,等. 过去 50 年黄淮海地区冬小麦干热风发生的时空演变规律[J]. 中国农业科学,2012,45(14):

2815-2825.

[14]钱锦霞,郭建平. 黄淮海地区冬小麦干热风发生趋势探讨[J]. 麦类作物学报,2012,32(5):996-1000.

[15]赵俊芳,赵艳霞,郭建平,等. 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[J]. 生态学报,2015,35(16):5287-5293.

[16]尤凤春,郝立生,史印山,等. 河北省冬麦区干热风成因分析[J]. 气象,2007,33(3):95-100.

[17]魏凤英. 现代气候诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007:63-66.

[18]王连喜,孔坚文,李 琪,等. 中国北方地区几种农业气象灾害指标研究综述[J]. 地球科学进展,2013,28(6):627-636.

[19]姜亚珍,张瑜洁,孙 琛,等. 基于 TVDI 河北省干热风同期土壤湿度监测研究[J]. 遥感技术与应用,2014,29(3):442-450.

[20]柳 芳,刘淑梅,王宝山. 天津市干热风发生规律与特点探讨[J]. 天津农业科学,2007,13(1):52-54.

[21]张有菊,张 春,杨建华. 2014 年济阳县冬小麦干热风条件下提早成熟但仍然高产的气象条件分析[J]. 河北农业科学,2015,19(2):87-90.

[22]郭丽果,尹宝重,郑佩佩,等. 播前耕作方式对河北平原区节水冬小麦光合特性和籽粒产量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(1):69-72.