

# 北方小麦干热风气候区划

小麦干热风科研协作组\*

## 提 要

本文根据干热风危害程度、天气特征和生理机制，分别不同气候区和小麦生态型，采用不同气象要素组合，确定北方小麦干热风气象指标；依其指标统计分析了155个台站20年的干热风资料，研究其发生规律；通过对比分析确定气候区划指标，作出我国第一个北方小麦干热风气候区划，并提出相应的防御措施和对策。

### 一、前 言

干热风是影响我国北方小麦高产稳产的主要农业气象灾害之一。六十年代就引起农业生产部门的重视。所谓干热风，系指小麦在开花至乳熟期间出现的一种高温、低湿、并伴有一定风力的农业气象灾害，危及到北方麦区的冬、春小麦。受干热风危害的区域，南起淮河、秦岭、祁连山、阿尔金山以北，北终长城、阴山、贺兰山、龙首山、阿尔泰山以南，包括冀、鲁、豫、晋、津、苏、皖、陕、甘、宁、蒙、新、青等省、市、自治区的大部或部分麦区，受害面积约2.0亿亩。干热风危害重的年份可减产10—20%，轻年减产5—10%，是北方小麦生产栽培和品种培育中值得重视的问题。

对于干热风的危害，国内外作过不少研究。但对我国整个北方麦区干热风发生规律，还缺乏系统的分析研究，因此也没有作过整个区域的干热风气候区划。

### 二、干热风气象指标

干热风气象指标是进行干热风气候分析和区划的依据。干热风对小麦的危害，是干热风出现时段，干热风天气过程的强度，小麦本身的抗逆性状（发育期、品种、生育健壮程度等），以及生态环境综合影响的结果。因此，研究小麦干热风的气象指标，应该以干热风对小麦的危害程度为前提，以干热风天气特征和强度为出发点，以危害生理机制为理论依据来加以确定。

#### 1. 干热风对小麦的危害程度

小麦在开花灌浆和乳熟期间，对气象条件要求较严，怕高温低湿天气，此时若遭干热风危害，表现为芒实干枯，颖壳发白，叶子蔫脆，叶、穗和茎秆呈灰白色，籽粒皮厚腹沟深而秕瘦；严重时叶片卷曲呈绳状，或者青枯死亡。据调查和田间测定，轻者使千粒重下降1—3克，重者下降3—5克。

#### 2. 干热风天气、气候背景和特征

小麦干热风危害时期正处于春末夏初季风交替，雨季尚未到来之前的干旱少雨时段。由于处在大陆变性气团控制下，加上沙漠戈壁和黄土高原的下垫面增温，以及地形陡降引起气流下沉增温，因而，整个北方麦区增温迅猛，干燥多风，少雨干旱，构成了北方

麦区的干热风气候背景。

从天气形势来看，高空500毫巴图上副高伸向江南，青藏高原至新疆、蒙古高原有暖高压或暖高压脊发展，东亚维持一大槽，干热风危害区为暖平流；配合地面图上新疆至河套有热低压或变性高压东移，在发展东移过程中从高空到地面整层下沉增温变干变暖，空气干燥，温度层结大多为热力性稳定层结。据兰州高原大气所研究，下沉增温区一昼夜可增温6.8℃，比湿可减少1克/千克以上；加之干热气团东移经沙漠和黄土高原的下垫面增温和因地形气流下沉增温，形成了北方麦区大范围的干热风天气过程。

干热风的天气特征，反映在天气过程前后空气温、湿度有明显的突变。据山东省气象局统计，干热风天气过程出现前一天至干热风高值日，日最高气温平均剧增4—7℃，最大可达13.6℃；14时相对湿度平均下降8—14%，最大值达40%。且日夜都干热，温、湿度变化甚微，据泰安地区气象局测定06时与14时小麦穗部气温仅差0.2℃，相对湿度差4%；三分之二株高气温差0.5℃，湿度差11%。西北地区由于日最高气温骤升，使日较差增大。

根据干热风危害的天气类型，可分为高温低湿型和雨后青枯型两类。高温低湿型主要在开花、灌浆期间出现，是小麦干热风的主要天气类型。雨后青枯型主要是危害乳熟后期，表现为雨后猛晴和相对的高温低湿。

#### 3. 干热风危害的生理机制

处于灌浆乳熟的小麦遇到温、湿度的突变和持续的高温低湿天气，使植株蒸腾强度急剧加大，根系活力减退，水分平衡失调，生理机能加速衰老死亡，导致小麦青枯逼熟减产。据研究，干热风可使小麦蒸腾强度加大一倍，叶片含水量减少6%，电解质外渗量增大 $9\mu\text{r}^{-1}$ ，植株大量失水，而根系活力减退衰老，

\* 1. 小麦干热风科研协作组由陕西、甘肃、河南省气象局召集，山东、河北、山西、新疆、内蒙古、宁夏、天津、江苏、安徽、青海省、市、自治区气象局和有关省农科院参加。

2. 本文由余优森、杨珍林、林美英、于玲、简慰民、关文雅同志执笔；参加分析研究工作的还有李德广、居有成、张文琦、陆丁兴、顾玉时、陈昌毓、董永祥、陆秀国、孟继方、张廷珠、芦皖同志。

吸收P<sup>32</sup>减少147.5脉冲/分，根系伤流量、吸收水分和无机盐的功能均明显下降，造成水分平衡失调，使

小麦光合作用衰退，净光合强度和糖分、淀粉含量显著下降，灌浆速度减缓，千粒重下降（见表1）。

表1 干热风危害小麦生理机制测定资料（兰州大学生物系）

生理测定项目 模拟试验		蒸腾强度 (斤/盆/3天)	叶片含水率 (%) 旗叶、2、3、4叶平均	旗叶电解质外渗量 (μV <sup>-1</sup> )	旗叶绿素含量 (毫克/克)	根系吸收P <sup>32</sup> (脉冲/分)*	同化CO <sub>2</sub> <sup>14</sup> 、C <sup>14</sup> (24小时输出值)	收获后干粒重 (克)
对	温度 10—26°C 相对湿度 30—50%	1.03	72.87	45.0	39.17	211.25	4625.75	40.77
干	温 度 19—36°C 相对湿度 50—25% 风 速 2—4米/秒	2.33	68.89	54	27.88	63.75	4020.5	29.04
差	值	1.30	-3.98	9	-11.29	-147.5	-605.25	-11.73

\* 根系吸收放射性P值为籽粒、茎秆、旗叶、二叶平均值；同化产物分布亦是平均值。

#### 4. 干热风气象指标

干热风对小麦的危害，热和干是起主要作用的，风则起着加剧干热的作用，因此，选用温、湿、风三要素组合确定干热风气象指标，能反映小麦受干热风危害的实际情况。过去曾广泛引用“三个三”的干热风指标，但我们研究一些田间和模拟试验结果，认为最高温度用≥30°C略偏低。同时，由于干热风天气过程的强度不同，小麦的气候生态型各有差异，对小麦危害的程度亦不尽相同，因而分别华北、河套、河西走廊、新疆不同气候区和小麦气候生态型，采用三要素的不同组合量值，确定既有地区特色又能相对比较的干热风气象指标。

为了反映高温的危害和便于资料统计比较，采用了日最高温度，而不是14时最高温度；在湿度要素上采用14时相对湿度和饱和差；为了反映干热风对小麦的危害程度，采用轻、重两级指标加以区别。首先根据干热风指标确定轻、重干热风日，然后根据日数确定轻、重干热风天气过程，再根据干热风过程次数和日数确定轻、重干热风年型。现分述如下：

##### (1) 高温低湿型

①华北、汾渭谷地：从麦收向前推一个月，即开花、灌浆至乳熟期（下同），计算干热风日、天气过程和年型，其指标如表2。

表2 华北地区小麦轻重干热风日、天气过程和年型指标

干热风日	重	日最高气温≥35°C，14时相对湿度≤25%，14时风速≥3米/秒
	轻	日最高气温≥32°C，14时相对湿度≤30%，14时风速≥2米/秒
干热风	重	1. 凡连续出现≥2天重干热风日为一次重干热风过程； 2. 在一次干热风天气过程中出现2天不连续重干热风日。
	轻	1. 除重干热风过程所包括的轻干热风日外，凡连续出现≥2天轻干热风日为一次轻干热风过程； 2. 连续两天一轻一重干热风日，或出现一天重干热风日也为一次轻干热风过程。
天气过程	重	1. 危害期有两次以上重干热风过程，或一重一轻、或4次以上轻过程则为重干热风年型； 2. 过程中重干热风日连续≥4天以上，或轻干热风日连续≥7天以上也为重干热风年型； 3. 小麦千粒重一般下降3—5克。
	轻	1. 危害期有两次以上轻干热风过程，或一次重过程，或轻干热风日连续4—6天也为轻型年； 2. 小麦千粒重一般下降1—3克。

②河套地区（包括宁夏灌区，下同）：小麦开花至乳熟期日最高气温≥34°C，湿度、风速同华北地区，即为一个重干热风日；日最高气温≥32°C，湿度、风速同华北轻日。即为一个轻干热风日。

干热风过程和年型强度同华北地区的标准。

③河西走廊区：采用日最高气温的正距平和累加值来反映高温的突变性和持续性，在冬、春小麦开花灌

浆乳熟期（分别按1个月统计），凡日最高气温连续2天以上≥30°C，干热风过程最高温度正距平累积值8—20°C，14时相对湿度≤25%，定时观测中有1次以上偏东风，即为一次轻干热风过程；最高温度累积距平≥20°C，14时相对湿度≤23%，风速同上为一次重干热风过程。根据轻、重过程次数按华北区标准确定轻、重年型。

④新疆区：以日最大饱和差综合反映干热风最高温度和最低相对湿度特征。凡日最大饱和差 $\geq 40$ 毫巴（本地日饱和差 $\geq 40$ 毫巴时，日最高气温均 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ），14时风速 $\geq 3$ 米/秒，定为一个轻干热风日；日最大饱和差 $\geq 50$ 毫巴，风速同上，定为一个重干热风日。按华北区标准统计轻、重干热风过程次数和年型。

### （2）雨后青枯型

小麦成熟前10天内，有一次小雨过程，雨量5—10毫米，雨后猛晴，3天内有一天以上日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度较低，有一天风速 $\geq 3$ 级，即为一个雨后青枯日。

尽管各地的指标不完全一致，但反映干热风的物理意义和对小麦危害程度是相近的，因此，应用上述指标统计分析的结果，与各省调查所获得的资料基本是吻合的，说明有其实际意义。

### 三、北方麦区干热风气候分析

依据上述干热风指标，统计分析了北方麦区干热风危害区域内155个代表站1959—1978年20年的气象资料，结合历年干热风出现实况，研究干热风的地理和时间分布规律，得出北方麦区干热风危害的分布特征是，东西两头重，中间轻。即华北（太行山以东）、汾河谷地，吐鲁番、塔里木盆地、安西、敦煌盆地重；关中、河套、河西走廊东部较轻。干热风的危害程度随海拔升高而减轻（最高一般不超过1700—1800米），海拔越低越严重，全国以吐鲁番最重。干热风危害的轻重区分布与山脉、地形、地势、土壤、植被等下垫面性质有关，一般低洼盆地、沙漠边缘、河谷川道、山脉背风坡、盐碱地等，较之其他地区为重。干热风危害小麦的时期随东南季风的变化和小麦开花、灌浆至乳熟期不同，由东南向西北逐渐推迟。分析所得的干热风年际变化与各省调查所得的实际出现情况相吻合。

#### 1. 地理分布

北方麦区干热风的地理分布如图1、2、3。综合分析图1—3看出华北平原由于太行山以东的地势陡降和焚风下沉增温作用，以及黄河故道低洼盐碱地影响，形成冀中、冀南、豫东、豫北、鲁西、鲁西北干热风危害重区，由此向沿海、长城、淮河减轻。汾河谷地由于地形的下沉增温，形成以临汾、侯马为中心的干热风重区，随地势的抬高向周围减轻。关中平原次于汾河谷地。河套地区为干热风轻区。河西走廊受

祁连山和沙漠的影响，形成安西、敦煌、盆地干热风重区，随着海拔降低由祁连山浅山向沙漠戈壁逐渐加重。新疆干热风一般是盆地重于山区，南疆重于北疆，东部重于西部，形成吐鲁番、塔里木、准噶尔盆地干热风分布区。吐鲁番盆地为全国干热风特重区。塔里木盆地以若羌为中心，向盆地四周和沙漠边缘减轻。准噶尔盆地以莫索湾为中心向四周减轻。青海省东部黄河谷地也有干热风危害。

#### 2. 时间分布

各地干热风危害小麦的时期和集中出现时段不一

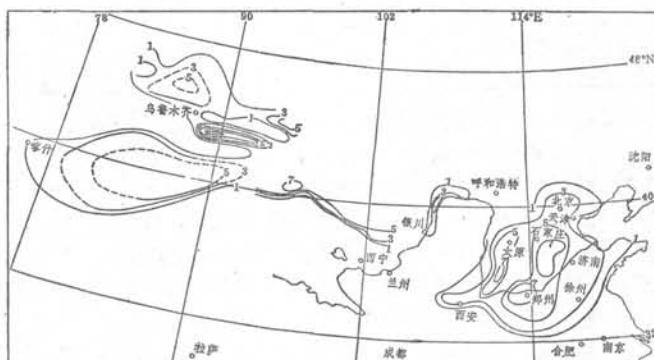


图1 北方麦区干热风年平均日数图

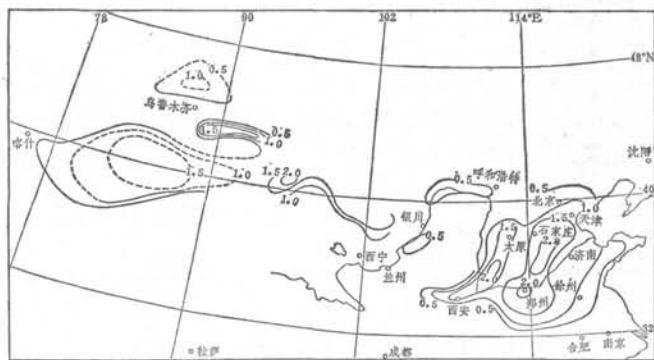


图2 北方麦区干热风过程年平均次数图

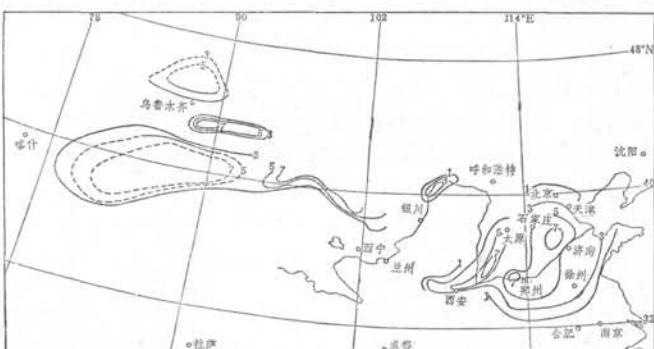


图3 北方麦区干热风平均十年机遇图

(见表3)。危害时期从5月起自南向北、自东南向西北逐渐推迟，至7月止。在危害时期中干热风集中出现时段，华北、关中、汾河谷地和河套地区，均为

50—80%，比较集中，这对于研究对策，做好防御较为有利，而河西走廊和新疆盆地相对比较分散。

表3 北方麦区干热风危害时期和集中出现时段

地区 项目	华北平原汾渭谷地	河套地区	甘肃河西走廊	新疆	
				南疆	北疆
危害时期	5月中、下旬—6月上、中旬	6月中旬—7月 中旬	6月上、中旬— 7月中旬	6月中旬—7月 中旬	6月中旬—7月 中旬
集中出现时段	5月下旬末— 6月上旬	7月上中旬	6月上旬、7月 上、中旬	6月中旬—7月 中旬	6月中下旬— 7月中旬
集中时段的旬分 配百分比(%)	60—90	50—90	20—40	30—40	30—40

分析北方麦区各指标站的干热风年型强度得表4。表明干热风是一种大范围的农业气象灾害，干热风年型强度越强，危害的区域和面积越广，受害程度也越严重，如1960—62、65、68、74年为整个北方麦区的重干热风年型；1969、73、76、77年为全区范围无干热风年型，其他年份是轻重相间，与实际调查获得的资料基本一致。在重型干热风年份，华北、关中汾河区年干热风日数为10—15天，过程次数大于3次以上；河

西走廊年日数5—15天，过程次数大于2—4次。新疆境内差别较大，托克逊、若羌几乎年年有重干热风，年日数15—25天，过程次数9—10次。1964年华北、徐淮、汾渭谷地、河西走廊等地群众反映干热风危害严重，据分析该年除华北、汾渭盆地有一次轻干热风过程外，其余皆无干热风影响，因此我们认为主要不是干热风危害，而是由于前期连阴雨，锈病严重，植株瘦弱，雨过转晴后升温降湿造成青枯逼熟。

表4 北方麦区1959—1978年干热风年型强度年际变化

年型 地区	年份	十年机遇																	
		重	轻	无	重	重	重	无	轻	重	重	重	重	重	重	重	重	重	重
华北平原 汾渭盆地	59	无	重	重	重	重	无	轻	重	重	重	无	无	轻	轻	无	重	轻	无
	60																	3	3
	61																		4
	62																		
	63																		
	64																		
	65																		
	66																		
	67																		
	68																		
	69																		
	70																		
	71																		
	72																		
	73																		
	74																		
	75																		
	76																		
	77																		
	78																		

分析北方麦区干热风的周期变化(图略)，在20年中，华北、汾渭谷地是六十年代偏重，七十年代较轻。河西走廊是五十年代偏重，六十年代后期开始逐渐减轻。新疆变化周期不明显。

#### 四、小麦干热风气候区划

为使干热风区划能反映出各地干热风出现强度和危害程度，区划之前各有关省、区气象部门先作出本地的干热风区划，我们以各省的干热风调查分析资料和区划为基础，根据北方麦区干热风气候分析结果进行综合研究，确定选用干热风年平均日数和过程次数作为区划的主导指标，年型机遇作为辅助指标(表5)，并运用干热风区划指标进行迭加分析研究，作出了我国第一个小麦干热风气候区划。

现以高温低湿型为主，将北方麦区干热风危害区域划分为重、次重、轻和无四级九区(图4)。雨后青

表5 干热风气候区划分区指标

指标 分区	干热风年平均 日数(天)	干热风天气 过程年平均次数	干热风 年型十 年机遇
I 重区	≥6 重日≥2.5	≥1.6 重次数≥0.5	≥5
II 次重区	3—5.9 重日0.5—2.4	1.0—1.5 重次数0.2—0.5	3—5
III 轻区	1—3 重日<0.5	0.5—1.0 重次数<0.2	1—3
IV 无区	<1	<0.5	<1

枯型尚待进一步研究。

(I)重区：含华北、河西走廊和新疆I区。华北I区包括冀中、冀南、豫北、豫东、鲁西、鲁西北地区，及临汾、侯马一带。该区干热风年平均日数5—11天，年频率20—30%，集中时段平均日数1—4天，过

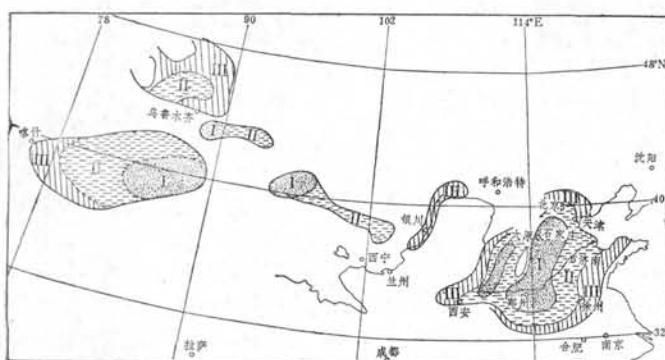


图4 北方小麦干热风气候区划图

程持续日数大多为2—4天，最长持续日数8—15天；干热风过程次数1.5—2.0次以上，重干热风平均次数0.5—0.7次，干热风年机遇为10年5—7遇，其中以河南南宫、大名、邢台、邯郸、山东德州、河南焦作、郑州、山西侯马、临汾一带为最重。

河西走廊Ⅰ区包括敦煌、安西盆地。该地区的干热风日数、过程次数、干热风年机遇同华北Ⅰ区，年频率10—15%，集中时段旬日数1—2天，持续日数多为3—4天，安西最长持续日数10天。

新疆Ⅰ区包括吐鲁番盆地和塔里木盆地的若羌、铁干里克一带。年日数≥5天，年频率均大于20%；托克逊年日数19天，年频率62%；若羌10天。过程持续日数大多在2—4天，最长持续日数17天；年过程次数2—4次，托克逊年平均8.1次，若羌6.9次；重次数>0.5次；干热风年机遇为10年6—10遇，重型年机遇10年3—5遇，托克逊、若羌10年10遇。

(Ⅱ) 次重区：含华北、河西走廊东部和新疆Ⅱ区。

华北Ⅱ区：除Ⅰ区外的天津、鲁西黄河下游北岸、豫东南、豫西、关中东部、晋东南南部地区。该区年日数3—5天，年频率10—15%，集中时段旬日数1—3天，过程持续日数多为2—4天，最长持续日数5—9天；过程次数小于1.5次，重次数小于0.5次，干热风年机遇10年3—5遇，重型年机遇10年1—1.5遇。

河西走廊Ⅱ区：包括走廊东部的张掖、武威、民勤一带。年日数3—5天，年频率5—10%，集中时段的旬日数1—2天，过程持续日数3—4天，最长持续日数5—10天；过程平均年次数0.5—1.5次，重次数0.1—0.3次，干热风年机遇10年3—5遇，重型年10年1—2遇。

新疆Ⅱ区：包括哈密、塔里木盆地和准噶尔盆地。该区的日数、年频率、过程持续日数同华北Ⅱ区，但过程年次数1—2次，重次数0.3—0.7次，干热风年机遇10年4—6遇，重型年10年2—4遇。

(Ⅲ) 轻区：含华北、河套和新疆Ⅲ区。

华北Ⅲ区：包括冀北、晋西、晋东南中北部、渭北旱塬区、鲁南、胶东半岛西北部、苏北、皖北等地。年日数1—3天，年频率5—9%，集中时段的旬日数1天，过程持续日数多为1—2天，年过程次数0.5—1.0次，重次数0.1—0.3次，干热风年机遇10年1—2遇。

河套Ⅲ区：包括宁夏及河套灌区。年日数0.5—2天，年频率2—6%，集中时段的旬日数为0.4—1天，过程持续日数多为2天左右，磴口最长达5天，过程年次数0.2—0.6次，干热风年机遇10年1—3遇。

新疆Ⅲ区包括塔里木盆地西部和准噶尔盆地外围地区。年日数、持续日数同华北Ⅲ区，年频率南疆10—15%，北疆小于10%；过程年次数0.3—1.1次，干热风年机遇10年0—3遇。

(Ⅳ) 无区：轻区外围。华北地区和汾渭谷地以秦岭、淮河和长城、渭北为南北分界；河套以阴山、贺兰山为界；河西走廊以祁连山和沙漠为分界，新疆在阿尔金山与天山、天山与阿尔泰山浅山之间。

## 五、干热风防御措施建议

1. 实行农业技术改革，提高科学种田水平，是防御干热风的一项根本性措施。在干热风危害的小麦集中产区，应兴修水利，发展灌溉条件，改良土壤，加强田间管理等，实行各项综合农业技术措施，防御干热风危害。

2. 营造防护林对于调节农田小气候，改善生态环境，防御干热风有良好效应。据试验，干热风天气过程有林网保护的方田要比空旷的农田，风速平均降低40.9%，14时气温降低2℃，相对湿度增加9%。在华北、关中平原和汾河盆地干热风危害重区的小麦集中产区，应统筹规划营造防护林，逐步实现农田林网化。河套、河西走廊和新疆应配合三北防护林建设，搞好农业灌区的农田防护林网建设。

3. 华北、黄淮平原、汾渭谷地是冬小麦集中产区，根据气候分析该地区干热风有60—90%集中出现在5月下旬至6月上旬，各地可根据当地气象台站的天气预报，在干热风出现之前，采取人工或飞机喷洒草木灰水、磷酸二氢钾、石油助长剂溶液，浇麦黄水，用氯化钙闷种等行之有效的防御措施。据多点联合试验结果表明：上述措施对减轻干热风危害，提高小麦千粒重和产量有一定效果。

4. 选育推广抗干热风的小麦高产优良品种，是防御干热风的有效措施。小麦品种有不同的气候生态型，据调查，一般从干热风重区引种到轻区，品种的抗干热风性能较好，反之较差。同时，应注意选育能躲避当地干热风集中出现时段的高产优良品种。