

李德, 杨太明, 张学贤, 等. 2008—2009 年宿州秋冬低温干旱成因分析与影响评估[J]. 气象, 2011, 37(5): 615-621.

# 2008—2009 年宿州秋冬低温 干旱成因分析与影响评估<sup>\*1</sup>

李 德<sup>1</sup> 杨太明<sup>2</sup> 张学贤<sup>1</sup> 张丙振<sup>1</sup>

1 安徽省宿州市气象局, 宿州 234000

2 安徽省气象科学研究所, 合肥 230061

**提 要:** 为分析评估 2008—2009 年度宿州秋冬低温干旱成因及其影响, 利用 1953—2009 年气象资料和大田灾情调查数据, 结合冬小麦生育规律, 采取相似年对比法和积分回归等方法进行了分析研究。结果认为: (1) 2008—2009 年度秋冬低温干旱的成灾主因是长时期降水稀少、麦田失墒和小麦未经抗寒锻炼而突遭  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下低温所致; (2) 旱灾与冻害对小麦的危害属于重旱和 2 级冻害; (3) 57 年间, 共发生类似灾害 2 次, 类似 2008—2009 年度旱灾的重现期为 16.5 年; (4) 旱灾和低温是通过抑制分蘖和阻碍幼穗分化来对产量产生影响的。

**关键词:** 秋冬干旱, 低温, 成因, 影响评估

## Causes and Impact Assessment of Autumn and Winter Low Temperature and Drought from 2008 to 2009 in Suzhou

LI De<sup>1</sup> YANG Taiming<sup>2</sup> ZHANG Xuexian<sup>1</sup> ZHANG Bingzhen<sup>1</sup>

1 Suzhou Meteorological Office of Anhui Province, Suzhou 234000

2 Institute of Meteorological Science of Anhui Province, Hefei 230061

**Abstract:** In order to evaluate the causes and impacts of autumn and winter low temperature and drought from 2008 to 2009 in Suzhou, we have conducted a research by use of the similar regression analysis method and integration regression method, based on the disastrous meteorological data and field disaster survey data from 1953 to 2009, and in combination with the growth law of winter wheat. It is concluded that the main reasons for autumn and winter low temperature and drought from 2008 to 2009 can be attributed to scarce rainfall for long time, loss of moisture in wheat field and the low temperature below  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  suddenly without a prior cold stress. The drought and frost damages to wheat belong to respectively serious drought and class-2 freeze injury. It occurred twice in 57 years and the return period was 16.5 a as the disaster. Impacts of drought and low temperature on yield were by means of hindering tiller and spiking primordium differentiation.

**Key words:** drought, low temperature, causes, impact assessment

### 引 言

2008 年 11 月至 2009 年 2 月中旬, 安徽省北部

冬小麦主产区淮北平原降水长期稀少, 麦田严重失墒, 出现了 30 年一遇的干旱灾害, 部分地区一度出现人畜饮水困难<sup>[1]</sup>。同时, 2008 年 12 月下旬初, 受强冷空气南下影响, 各地极端最低气温骤降至

\* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006027)和国家科技支撑计划项目(2006BAD04B04)共同资助

2010 年 5 月 5 日收稿; 2010 年 10 月 13 日收修定稿

第一作者: 李德, 主要从事农业气象灾害风险评估和设置农业气象服务技术工作. Email: szlide@sohu.com

-10℃以下,冬小麦在干旱环境胁迫下,又遭遇低温冻害而使灾情加重。据 2009 年 1 月 31 日调查,安徽省冬小麦有 80 万  $\text{hm}^2$  以上面积遭受严重旱灾,直接经济损失 15.9 亿元<sup>[2]</sup>,其中,宿州市小麦受旱面积达 35.03 万  $\text{hm}^2$ 。2009 年 2 月 1 日,安徽省气象局首次发布了干旱红色预警信号<sup>[2-3]</sup>。

淮北平原冬小麦生产在安徽省具有重要地位,宿州市位于淮北平原腹地,气候具有极强的代表性<sup>[4]</sup>。研究评估 2008—2009 年度秋冬低温干旱灾情,揭示灾害发生规律,对未来小麦高产稳产和气象防灾减灾工作具有重要理论与现实意义。陶诗言等<sup>[1]</sup>从天气背景角度,研究揭示了秋冬连旱的主因是欧亚中高纬度存在稳定的准静止环流所造成的长时期降水持续稀少所致,但至今尚未见更多关于这次灾害的成因及其对冬小麦的影响评估工作。

因此,本文根据大田灾害发生期间的调查数据和宿州市国家气象观测站逐日气象监测资料,结合冬小麦生育规律,采取相似年对比法和积分回归等分析手段,对 2008—2009 年度的秋冬低温干旱成因和影响进行了评估,初步获得一些可以参考的结论。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

(1) 1953—2009 年 2 月逐日气象资料,取自安徽省宿州市国家气象观测站,其地理位置:33°38′N、116°59′E,海拔 25.9 m。宿州市下辖四县一区(即砀山县、萧县、埇桥区、灵璧县、泗县),位于安徽淮北平原,其中,宿州国家气象观测站设于埇桥区内。

(2) 灾情资料抄自宿州市民政局灾情报表,灾害发生期间有关数据来自安徽省宿州市国家农业气象试验站大田调查资料。

(3) 分析所用的 1953—2009 年冬小麦单产资料取自宿州市统计年鉴。

### 1.2 资料处理与分析方法

(1) 冬小麦气象相对产量的获取:先对历年冬小麦产量资料采用 5 年滑动平均方法<sup>[5]</sup>,从实际产量( $y$ )中分离出趋势产量( $y_t$ ),由式(1)获得每年的气象相对产量( $y_w$ )。

$$y_w = \frac{(y - y_t)}{y_t} \times 100\% \quad (1)$$

(2) 选取灾害相似年的方法:按照文献<sup>[6]</sup>给出

的标准,即冬小麦出苗至冬季期间降水持续偏少,对小麦正常生育造成影响的气象灾害现象<sup>[6]</sup>,称为秋冬连旱。

(3) 灾害发生期间气象要素对冬小麦最终产量的影响分析方法,采用常用的 Fisher 积分回归法<sup>[5]</sup>:通过求取当年 10 月中旬至次年 5 月下旬逐旬气象要素(日照时数、降水量、平均气温)对当年冬小麦气象相对产量( $y_w$ )的影响效应函数 $[a_j(t)]$ ,即某气候要素每升高(增加)或降低(减少)一个单位时,气象相对产量( $y_w$ )增加或降低情况。由影响效应函数分析 11 月上旬至 2 月灾情发生期间气象要素对冬小麦产量的影响。具体方法详见文献<sup>[5]</sup>。

$$a_j(t) = \sum_{k=0}^m \alpha_k \Phi_{jk}(t) \quad (2)$$

式中, $\alpha_k$  为正交多项式系数, $k=0,1,2,\dots,m$ ,本文  $m=3$ ;  $\Phi_{jk}(t)$  为正交多项式表中值, $j=1,2,\dots,t$ ,本文  $t=12$ (即 10 月中旬至 5 月下旬,共计 23 旬)。

(4) 气候要素常年值,按世界气象组织(WMO)规定取 1971—2000 年的 30 年平均值。

(5) 干旱期间降水分布规律及其发生概率,采用数理统计法进行分析<sup>[5]</sup>。

另外,在研究分析中还引用部分标准,即:

干旱灾害等级标准:采用中国气象局制定(QX/T81-2007)的降水负距平百分率指标进行统计,即统计时段内的降水量与同期降水量常年值的差值,再与常年值相比的百分比值( $p_a$ )<sup>[7]</sup>。对于季尺度而言,当  $-80\% < p_a \leq -70\%$  时,为重旱。

冬小麦低温冻害等级标准:采用 2008 年中国农业部<sup>[8]</sup>制定的《低温冻害田间调查分级标准(试用)》,即,1 级:叶片有冻伤,但基部完好,生长点未受冻,死茎率 5% 以下;2 级:叶片上部枯萎,少数分蘖死亡,部分生长点受冻,死茎率 5%~15%;3 级:地上部大部分枯萎,部分分蘖死亡或生长点皱缩,死茎率 15%~50%。

## 2 2008—2009 年秋冬低温干旱成灾因素分析

### 2.1 降水量持续稀少

2008 年 10 月下旬至 2009 年 2 月上旬,宿州市各地降水量持续稀少(见图 1)。由图 1 可见,除 11 月 23—24 日降水过程的降水量超过 5 mm,其他 7 次(12 月 3 日降水量为 0.0 mm)均为 3 mm 以下的

无效降水,其中,2008 年 11 月 25 日—12 月 27 日,长达 32 天降水量不足 1 mm。2009 年 1 月份仅 1 月 2 日(1.8 mm)和 21 日(0.5 mm)出现降水。经对宿州市所属站点的统计发现,除泗县单站降水量偏少 44%外,其他 3 县 1 区降水量,较同期常年值偏少 70%~80%,是近 10 多年来降水最少的一年。按小麦干旱灾害等级标准<sup>[7]</sup>,属重旱级别。

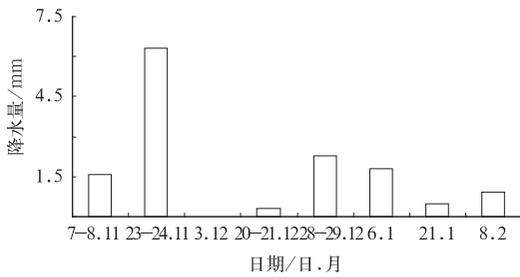


图 1 2008 年 11 月至 2009 年 2 月上旬宿州市发生的降水过程与降水量  
Fig. 1 Precipitation processes and precipitation amounts (mm) from November 2008 to the first ten days of February 2009 in Suzhou

### 2.2 麦田墒情严重不足

图 2 给出 2008 年 12 月 18 日至 2009 年 2 月 13 日麦田(土壤为砂浆黑土、肥力中等)0~10 cm、10~20 cm 土壤相对湿度变化情况。

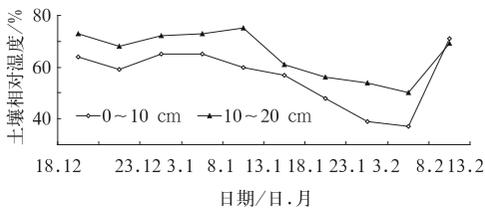


图 2 2008 年 12 月 18 日至 2009 年 2 月 13 日麦田土壤相对湿度(%)变化情况  
麦田土壤为砂浆黑土,肥力中等  
Fig. 2 The change of soil relative humidity (%) in wheat field from December 18, 2008 to February 13, 2009  
Soil is the mortar of black soil and is on moderate fertility

由图 2 可看出,麦田旱情主要发生在 2009 年 1 月中旬至 2 月上旬。旱情开始时间为 1 月中旬初期,如 1 月 13 日 0~10 cm 土壤相对湿度已低至 60%。随后,麦田墒情持续下降,至 2 月上旬降至最低(2 月 8 日 0~10 cm 土壤相对湿度仅为 37%),按文献<sup>[8]</sup>给出的麦田土壤干旱等级标准判断,此段时

期应属重度干旱级别。

### 2.3 初冬气温突降且强度大

冬小麦生理学研究表明<sup>[9-11]</sup>,只有经过日平均气温从 3 ℃降到 0 ℃的低温抗寒锻炼过程,冬小麦植株体内才会发生一些必要的生理变化,如分蘖节处糖分增加,从而增强抗寒能力。否则,如果前期温度高,冬小麦未经受抗寒锻炼,遇到低于-5 ℃的强降温,便会遭受冻害,遇到-10 ℃的低温就会遭受严重冻害。

图 3 为 2008 年 12 月 21 日 04 时至 23 日 14 时宿州市国家气象观测站逐时平均气温波动情况。

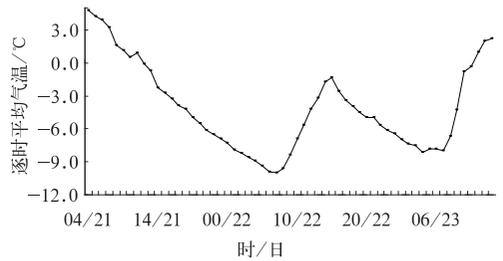


图 3 2008 年 12 月 21 日 04 时至 23 日 14 时逐时平均气温变化  
Fig. 3 The change of hourly average temperature (°C) from 04 BT 21 December to 14 BT 23 December 2008

从图 3 可以看出,自 12 月 21 日 12 时开始降温到 0 ℃以下后,一直持续降温,直到 23 日 12 时才回升到 0.1 ℃。期间有 2 次低温期,第一次在 21 日 22 时至 22 日 10 时,逐时平均气温 $\leq -6.5$  ℃,其中有 4 小时的逐时平均气温 $\leq -9.5$  ℃。第二次在 23 日 00—08 时,逐时平均气温 $\leq -6.5$  ℃。尤其是 12 月 22 日日平均气温多在-6~-7 ℃、日极端最低气温在-10 ℃以下。

## 3 2008—2009 年秋冬低温干旱与历史相似年比较分析

### 3.1 秋冬干旱相似年比较

按照文献<sup>[6]</sup>的标准,结合民政部门的灾情资料,统计分析 1953—2009 年气象资料,结果:近 60 年来,共发生 9 次秋冬连旱灾害(见表 1),频率为 16.07%。其中:1970 年前和 1990 年以来各出现 2 次,占 22.2%。1970—1990 年出现 5 次,占 55.6%,

表 1 1953—2009 年宿州市历次秋冬干旱期间有关气象要素情况  
Table 1 The related meteorological elements for every autumn and winter drought in Suzhou from 1953 to 2009

年度	起止时间/ (旬/月)	早期无有效 降水日数/d	旱前最后 1 次 降水日期/降水量 (月.日/mm)	干旱前 10 日 总降水量/mm	旱情终止日/解除 的旱情过程降水 量(月.日/mm)	干旱期间 总降水量 /mm
1955—1956	下/9—下/12	101	9.20/43.8	59.9	12.31/11.6	7.0
1963—1964	中/11—上/1	66	11.5/12.7	13.1	1.11/15.2	6.1
1973—1974	中/10—上/2	116	10.10/21.2	21.2	2.4/7.5	9.0
1976—1977	中/11—中/3	121	11.15/8.2	10.1	3.16/11.7	10.5
1980—1981	中/10—下/1	103	10.10/21.0	73.5	1.21/12.4	12.9
1983—1984	下/10—中/1	90	10.20/90.0	98.6	1.18/8.6	9.7
1987—1988	上/12—下/2	94	11.27/13.5	20.7	2.29/11.3	9.0
1995—1996	上/11—中/2	107	10.24/7.5	14.8	2.16/13.9	9.0
2008—2009	上/11—中/2	112	10.29/1.8	41.6	2.15/7.8	13.6

为秋冬连旱的主要发生期。

同时,由表 1 可见,9 次秋冬干旱灾害,平均开始日期多在 10 月下旬后期(9 次秋冬干旱的平均日期为 10 月 24—25 日)。1955—1956 年为发生最早的一次,开始于 9 月下旬。1987—1988 年的秋冬干旱发生最迟,在 12 月上旬开始出现旱情。持续时间最长的一次为 1976—1977 年,历时 121 天,旱情直到次年春季 3 月中旬解除。持续时间最短的一次为 1963—1964 年,历时 66 天。持续日数在 100 天以上有 6 次,占 66.7%,表明宿州市秋冬连旱一旦旱情发生,则持续时间较长。

从历次秋冬连旱前 10 日降水总量看,有 5 次降水总量在 20 mm 以下,其中:1963—1964 年、1976—1977 年和 1995—1996 年秋冬连旱开始前 10 天降水总量 < 15 mm。9 次秋冬连旱期间的总降水量均在 15 mm 以下,其中有 6 次小于 10 mm。

因此,总体来看,2008—2009 年出现的秋冬连旱灾害,在旱灾持续日数上属于较长的 1 次,为 112 天。从灾前 10 日与干旱期间的总降水量看,属于中等偏重年份。灾前和灾中降水总量分别为 42.6 mm 和 13.6 mm,按照降水负距平百分率指标<sup>[7]</sup>计算,2008—2009 年秋冬干旱属重旱级别(负距平百分率为 77.2%)。

另外,为分析推断未来类似秋冬干旱的发生概

率,进行了数理统计研究。即先采用偏度系数法<sup>[5]</sup>,对历年 11 月至次年 2 月降水量( $x$ )资料进行正态分布检验。结果降水序列( $x$ )符合正态概率分布(即实际偏度系数为 0.3123 远小于理论偏度系数 4.3581)。然后,再利用极大似然法<sup>[5,12]</sup>求得历年 11 月至次年 2 月降水正态概率分布的 2 个参数:平均值( $\mu$ )和标准差( $\sigma$ )分别为: $\mu = 91.0579$ , $\sigma = 39.3207$ 。则得到 11 月至次年 2 月降水正态概率分布模型式(3),即

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} dx \quad (3)$$

最后,运用式(3)即可推断出不同降水量级的发生概率。经计算:类似 2008—2009 年 11 月至次年 2 月降水量为 30.1 mm 的年份的重现期为其概率(0.0605)的倒数,即  $1/0.0605 = 16.5$  年,约 17 年一遇。不过,这里要说明的是,“重现期”并非是经过 16.5 年时间后,必然再现的“周期”,它只是概率意义上的“回转周期(return period)”<sup>[12]</sup>。

### 3.2 初冬低温相似年比较

统计分析宿州市 9 次秋冬连旱期间的低温冻害资料,仅 1987—1988 年和 2008—2009 年初冬出现了强降温天气,对冬小麦造成了危害。表 2 为 2 次初冬气温下降前后的相关气象要素变化情况。

表 2 1987—1988 年与 2008—2009 年 2 次初冬气温下降前后的相关气象要素  
Table 2 Related meteorological elements before and after the temperature dropped in early winter both 1987 to 1988 and 2008 to 2009

年度	时期/ 月.日	降温前日 均温/°C	次日日均温 降幅/°C	降温前均温与日均 温最低值的差/°C	过程极端 最低/°C	降温过程内 ≤ 0 °C 日数/d
1987—1988	11.27—12.3	12.4	11.1	16.4	-10.2	6
2008—2009	12.21—12.23	5.2	5.4	11.3	-10.1	3

由表2可以看出,2次初冬气温下降期间的极端最低气温均低于 $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。宿州市国家农业气象试验站的作物发育期观测资料表明,在强降温过程后,2个年度的冬小麦均由正常生长发育转入越冬期。1987—1988年低温冻害发生前,日平均气温 $\geq 12.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,正处于冬小麦冬前分蘖的适宜温度指标 $10\sim 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[9-11]</sup>之内。2008—2009年冻害发生前,日平均气温一直处于 $5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,冬小麦幼穗分化处于二棱期。同时,降温前日与次日的平均气温差值,即降温幅度,1987—1988年为 $11.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,2008—2009年的 $5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,且降温过程内日平均气温 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数,1987年为6天,2008年为3天。因此,2次低温冻害发生前,冬小麦均未经必要的抗寒锻炼而遭受冻害,按照农业部田间灾情调查分级标准<sup>[8]</sup>,结合大田灾情调查资料,分析认为:2008年为2级冻害,1987年为3级冻害。

表3 2008—2009年度与前9年(2000—2008年度)越冬开始期平均苗情

Table 3 The average early winter seedling situation in 2008—2009 and precedent 9 years (2000—2009)

项目	密度/(茎/m <sup>2</sup> )	高度/cm	单株分蘖数/(茎/株)	单株大蘖数/(茎/株)	单茎干物质重量/g	叶面积系数
2008—2009	810.2	19	2.7	0.9	0.12	1.8
2000—2008	979.2	22	4.3	1.9	0.14	2.1

从表3可以看出,2008—2009年度越冬开始期苗情,无论是总茎数,单株分蘖数,还是叶面积系数等产量因素均少于前9年的平均值。尤其是单株分蘖数比前9年偏少1.6个。

另一方面,2008年12月下旬初以后,特别是12月21—23日的低温强度,为1991年以来(17年)最显著的一次,导致95%以上的小麦遭受冻害,受害症状为叶片卷曲,天气回暖后呈褐色,似开水烫过,部分田块发生少数分蘖死亡现象发生。

2009年2月10日,利用NOAA卫星遥感监测资料,获得宿州市的平均绿度值为0.20,较近3年同期平均值偏低13%。据民政部门调查统计资料,截至2月10日,宿州市冬小麦受旱面积达35.03万

## 4 2008—2009年秋冬低温干旱对冬小麦生长和最终产量的影响

### 4.1 对小麦长势的影响

宿州市冬小麦常年越冬期内,在气温短暂回升期间,麦苗并不停止生长而是缓慢生长着,不仅促生分蘖,而且幼穗器官在较低温度和短日照条件下,会不断进行小穗原基分化,对增加小穗数十分有利的,但其发生分蘖和进行幼穗分化的条件是土壤相对湿度处于60%~80%<sup>[9]</sup>。然而,2008—2009年秋冬干旱期间,麦田墒情严重不足,且有 $\geq 6.5\text{ cm}$ 以上的干土层,麦苗无法正常生长,表现为色黄势弱、分蘖少、生长量不足,无法实现壮苗越冬。表3为2008—2009年度与2000—2008年度越冬开始期的平均苗情。

hm<sup>2</sup>,其中,重旱面积17.6万hm<sup>2</sup>,点片死苗0.75万hm<sup>2</sup>。

### 4.2 对小麦生长量的影响

研究表明<sup>[10]</sup>,麦田土壤相对湿度长时间低于60%时,小麦植株体内的养分运输就会受到障碍,吸收和积累的营养物质大大减少,分蘖节处于饥饿状态,分蘖发生会延迟,分蘖力会显著下降,分蘖不能很好形成,甚至无法形成分蘖。从大田调查资料看,2008—2009年的秋冬干旱期间,有30天以上麦田土壤相对湿度低于50%,属于严重缺水,冬小麦分蘖发生和根系生长均遭到水分亏缺影响,尤其是播种后一直未补水的麦田受害较重(见表4),其次生

表4 播种后灌水与未灌水麦田冬小麦生长和受害情况  
(调查日期2月7日,地点:埇桥区永安镇,品种:皖麦52)

Table 4 The growth and victimization of winter wheat after sowing with or without irrigation  
(Survey date: February 7, Place: Yong'an zhen in Yongqiao District, Varieties: Wanmai 52)

项目	苗情	麦田相对湿度(0~10 cm)/%	叶片受害率/%	死苗率/%	次生根数/长度(条/cm)	每m <sup>2</sup> 茎数/个
灌水麦田	2类	49	41.9	无	3.7/4.8	1042.7
未灌水田	2类	44	69.7	4.1	1.2/0.7	851.5

根数量和长度分别为补水 1 次麦田的 32.4% 和 14.6%。而播种后灌水 1 次的麦田,次生根条数和长度均接近或达到壮苗标准<sup>[9,11]</sup>。

#### 4.3 2008—2009 年秋冬低温干旱对后期产量的影响

亩穗数、穗粒数和千粒重是反映小麦产量高低的三大要素<sup>[10]</sup>。从冬小麦生育生理规律看,2008—2009 年灾害发生期间,是决定亩穗数和穗粒数,尤其是小穗数多少的重要时期,低温和干旱除给小麦外部形态造成伤害外,还会给分蘖与幼穗分化造成一定影响,而分蘖多少决定了亩穗数的高低,幼穗分化优劣则影响着穗粒数的多少,最终都会对单产造成一定影响。如 2 月 7 日的调查数据:未补水麦田亩茎蘖数仅 851.5 个/m<sup>2</sup>,远未达到亩茎蘖数约 1 050 个/m<sup>2</sup> 的壮苗标准<sup>[10]</sup>。而成熟期(5 月 31 日)对 3 个点的调查表明,每穗小穗数(品种为皖麦 50)平均较前 5 年少 3.1 个。

为分析灾害发生期间逐旬光温水对最终产量的定量影响,进行了积分回归分析<sup>[5]</sup>,即利用冬小麦全生育期内(当年 10 月中旬至次年 5 月下旬)逐旬日照时数、平均气温、降水量资料,采用 Fisher 积分回归分析,得到光、温、水要素逐旬变化对冬小麦最终产量的影响效应曲线(见图 4)。建立的积分回归效应方程,均通过显著性水平  $\alpha=0.01$  的  $F$  检验,日照时数、平均气温和降水量积分回归方程各自的复相关系数( $R^2$ )分别为:0.534,0.452 和 0.611。

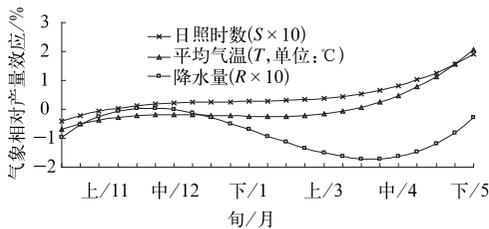


图 4 冬小麦生育期间逐旬气象要素对产量的影响效应曲线

Fig. 4 The effect curve of meteorological elements on yield during wheat growth

从图 4 可见,总体上,光温水三要素对小麦最终产量的影响曲线中,光照和均温二要素影响曲线近似,约在 2 月中旬前,每增加一个要素单位,其对产量的增加效应较为缓慢,之后,则效应曲线增速加快。降水量的影响效应曲线则呈波浪形,即自 10 月中旬开始,对产量的有利效应逐渐增加,至 11 月中旬至 12 月中旬达最高,之后,变为减产效应,到 3 月

下旬和 4 月上旬减产效应至最大后,影响效应曲线开始呈增加趋势,并一直持续到 5 月底成熟。具体到秋冬干旱和低温发生的 11 月至次年 2 月,光照和均温对产量提高的效应曲线是缓慢增加的,即每多增加一个光照和均温单位,均利于后期增产。其生物学意义是,温度升高,光照条件好,小麦分蘖力强、分蘖增多,相应的亩穗数会增加。而 11 月至次年 2 月降水量的影响效应曲线则呈倒“U”型,但仅在 11 月下旬、12 月上旬两旬为正效应,如 12 月上旬每增加 10 mm 降水量,可使后期气象相对产量增加 5%。在小麦越冬之前,降水增加对后期产量增加有利。生物学意义是,这一时期土壤水分适宜,对分蘖有利。但在自 12 月中旬开始,影响效应曲线逐渐下降,且为负值,即降水量增加对后期产量提高不利,其生物学意义是降水过多,光照会相应减少(而日照的影响效应是自 11 月中旬开始到次年 5 月都为正效应),从而制约分蘖的发生和幼穗的良好发育,继而影响到产量的增加。

## 5 结论与讨论

(1) 2008—2009 年的秋冬干旱和初冬低温冻害,为干旱叠加低温冻害型灾害。成灾的主因是长时期降水稀少、麦田失墒和小麦未经抗寒锻炼而突遭  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下低温。

(2) 灾害造成的主要影响是冬小麦叶片受害,分蘖与次生根在干旱缺水下无法正常伸出,幼穗分化受到抑制和阻碍,并有部分田块发生分蘖死亡现象。经评估,旱灾与冻害对小麦的危害可评定为重旱和 2 级冻害。

(3) 57 年间,宿州市共发生 2 次秋冬干旱与初冬气温骤降型灾害,灾害特点是干旱持续时间长,初冬降温幅度大,冻害重。类似于 2008—2009 年 11 月至次年 2 月降水量为 30.1 mm 的干旱年份的重现期为 16.5 年。

(4) 秋冬干旱和低温对小麦产量的影响,目前尚缺乏以产量为单位鉴定的方法,本文从生物学角度进行了定性分析评估。同时,尝试引入积分回归法鉴定分析灾害发生期间光温水要素对小麦产量的影响,但这种评估结果反映的只是气象要素均值对小麦产量的影响,若需要更客观定量化评估灾害对产量的影响,还要深入探讨。

(5) 限于资料不足,仅研究了光、温、水单一要素

对小麦最终产量的影响,但正如文献[11]、[13]和[14-15]所言,光、温、水对小麦产量的影响是综合性的,即还存在匹配合理与否的问题。同时,前期发育良好的作物比前期发育不良的作物更能经受恶劣条件的考验<sup>[16]</sup>。因此,这方面的工作尚需进一步系统开展。

## 参考文献

- [1] 陶诗言,卫捷,孙建华,等. 2008—2009年秋冬季我国东部严重干旱分析[J]. 气象,2009,35(4):3-10.
- [2] 曾红玲. 北方冬麦区遭受严重干旱[J]. 气象,2009,35(4):124-125.
- [3] 国家气候中心气候应用服务室. 我国北方冬麦区气象干旱严重[OL]. 2009-02-05. <http://ncc.cma.gov.cn/website/index.php?newsid=3649>.
- [4] 李德,王昉,戚尚恩. 淮北平原冬小麦气候生态条件变化研究[J]. 气象与减灾,2006,(1):13-19.
- [5] 魏淑秋. 农业气象统计[M]. 福州:福建科学技术出版社,1985:77-170.
- [6] 李国师,刘兴华. 皖西北近50年旱涝研究[M]. 北京:气象出版社,1998:1-4.
- [7] 中国气象局. QX/T81-2007 小麦干旱灾害等级[S]. 北京:气象出版社,2007.
- [8] 贵州农业信息网. 农业部低温冻害田间调查分级标准(试用)[OL]. [http://www.qagri.gov.cn/Html/2008-2-21/2\\_1899\\_2008-2-21\\_25929.html](http://www.qagri.gov.cn/Html/2008-2-21/2_1899_2008-2-21_25929.html).
- [9] 黄义德,姚维传. 作物栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2002:311-323.
- [10] 王永华,李金才,魏凤珍,等. 小麦冻害类型诊断及其预防对策与补救措施[J]. 中国农学通报,2006,22(4):10-16.
- [11] 冯秀藻,陶炳炎. 农业气象学原理[M]. 北京:气象出版社,1991,311-323.
- [12] 么枕生. 气候统计[M]. 北京:科技出版社,1984:5-25.
- [13] 龚绍先. 粮食作物与气象[M]. 北京:北京农业大学出版社,1988:12-20.
- [14] 马晓群,刘慧敏,吴文玉. 安徽省农业干旱综合监测技术及其业务化应用[J]. 气象,2008,34(5):75-81.
- [15] 刘惠敏,马小群,孙秀帮. 安徽省 MODIS 干旱监测技术研究[J]. 气象,2010,36(4):111-115.
- [16] 康斯坦丁诺夫. 天气-土壤-冬小麦产量[M]. 北京:农业出版社,1982:40-52.