

# 甘肃黄土高原地温与冬小麦发育期的关系分析

费晓玲<sup>1</sup>, 丁春兰<sup>2</sup>

(1. 兰州区域气候中心, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省气象科技服务中心, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**用黄土高原代表站甘肃省庆阳西峰站1971~2005年5、10、15、20 cm地温和1981~2005年冬小麦发育期资料,分析了地温的时间变化规律及对冬小麦发育期的影响。结果表明,西峰10 cm地温除夏季外,其余季节呈持续升高的趋势。地温与冬小麦发育期成负相关,与冬季地温相关最显著的是乳熟期,相关系数为-0.57~-0.65,与春季地温相关最显著的是返青期,相关系数为-0.60~-0.63。冬季典型年份各平均发育期差异最显著的是冬小麦的起身期提前了15 d,春季典型年份最显著的是冬小麦的全生育期提前了23 d。

**关键词:**西峰;地温变化特征;冬小麦发育期;影响分析

**中图分类号:**P462

**文献标识码:**A

## 引言

地温对农作物、蔬菜、植物种子的发芽、生长有的一定的影响,是一个重要的气候指标,很多学者对地温与作物发育期的关系等方面做了大量的研究。顾智章、吴肇志<sup>[1-6]</sup>对地温与黄瓜幼苗、蔬菜、冬小麦的生长发育的关系进行了分析,指出人工提高地温对促进幼苗生长发育、缩短苗龄、减轻病害、抵御外界不良环境、培育壮苗具有良好效果。近年来,李国军、孙兰东、赵鸿、王发科<sup>[7-11]</sup>分析了气候变化对水资源、荒漠化、生态和棉花生长的影响。上述工作为分析地温与作物生长发育的关系提供了重要依据。地温是表示土壤温度的要素,而作物的根系生长在土壤中,土壤温度的高低对作物生长的影响比气温直观。冬小麦是黄土高原所在地甘肃西峰的主要粮食作物,因此分析西峰5、10、15、20 cm地温对冬小麦发育期的影响,对掌握冬小麦发育期的影响因子及发育期预测和生产管理有重要的意义。

## 1 资料来源和研究区概况

所用的1971~2005年地温资料来自于甘肃省气候资料中心,西峰冬小麦发育期资料来源于甘肃

省西峰农业气象试验站。西峰(35°44'N,107°38'E)属黄土高原丘陵沟壑区,由塬地、川地及河流滩地组成,海拔高度1421 m,多年年平均降水量527.1 mm,年平均气温为8.7℃,年平均日照时数2457.8 h,具有典型的黄土高原地理和气候特征。计算低温与冬小麦发育期的关系时,把日期转换成日序进行计算。

## 2 结果分析

### 2.1 地温的时间变化规律

#### 2.1.1 地温的月际变化

用西峰1971~2005年1~12月逐月10 cm地温,绘制了其月际变化曲线(图1),地温的分布为正态或单峰型,1月最低为-2.6℃,其次是2月为-1.2℃,初春3月回升到3.0℃,4月继续上升超过10℃,达到11.1℃,5、6月继续上升,7月升至22.9℃达峰值;从8月开始缓慢下降,9月降到16.9℃,10月继续下降但仍在10℃以上,为10.7℃,11月则下降到3.8℃,12月下降为-1.0℃。10 cm地温4~10月恰好在10℃以上,与冬小麦的主要生长期一致,因此10 cm地温是一个重要的农业气候要素。

收稿日期:2008-09-12;改回日期:2009-05-24

基金项目:科技部科研院所社会公益研究专项“西北农作物对气候变化的响应及其评价方法”(2005DIB3J100)和甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室“甘肃黄土高原气候和植被的变化特征研究”(Lab2002-2-05kys)共同资助。

作者简介:费晓玲(1957-),女,汉族,陕西人,工程师,主要从事作物产量预报等工作

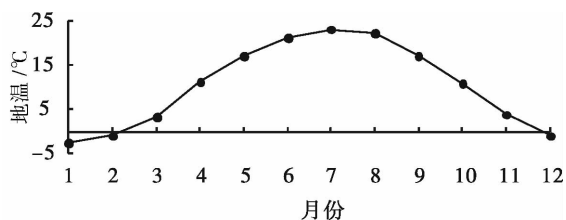


图1 西峰 10 cm 地温月变化

Fig.1 The monthly change of 10 cm soil temperature during 1971 - 2005 in Xifeng

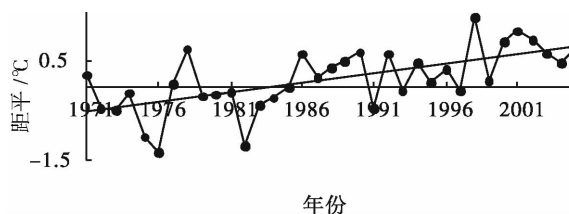


图2 西峰冬季 10 cm 地温距平年际变化

Fig.2 The annual change of 10 cm soil temperature anomaly in winter of Xifeng during 1971 - 2005

### 2.1.2 地温的年际变化

由 1971 ~ 2005 年西峰冬季、春季、夏季和秋季 10 cm 地温演变曲线可见,冬季地温(图 2)最大值出现在 1998 年距平为 1.4 °C,最低值出现在 1976 年距平为 -1.3 °C。1971 ~ 1985 年以降温为主,1986 年以来增温明显,特别是 2000 年以来持续 6 a 增温,增温幅度比 1986 ~ 1999 年期间大,35 a 来线性上升趋势为 0.039 °C/a。春季地温(图略,下同)最大值出现在 2005 年,距平为 3.0 °C,最低值出现在 1998 年,距平为 -1.9 °C,最高值与最低值相差 4.9 °C。1971 ~ 1996 年正负距平交替出现,1997 年以来持续 9 a 增温,35 a 来线性上升趋势为 0.058 °C/a。夏季地温最大值出现在 1995、1997 年距平均为 1.4 °C,最低值出现在 1976 年距平为 -1.8 °C,最高值与最低值相差 3.2 °C。1971 ~ 1996 年正负距平交替出现,1997 年以来增温明显,35 a 来线性上升趋势为 0.029 °C/a。秋季地温最大值出现在 1998 年距平为 1.9 °C,最低值出现在 1981 年距平为 -1.6 °C,最高值与最低值相差 3.5 °C。1972 ~ 1976 年以降温为主,1977 ~ 1980 年以增温为主,1981 ~ 1985 年又以降温为主,1986 年以来增温明显,35 a 来线性上升趋势为 0.032 °C/a。

由上述分析可见,西峰 10 cm 地温除夏季外,其余季节呈持续升高趋势,春季增温最明显,变幅也最大,冬季的增温幅度次之,秋季最小。根据郭江勇<sup>[12]</sup>的研究表明,西峰气温变化最明显的是冬季,再是秋季。可见地温增加的显著季节比气温迟一个季,但是地温的增加幅度比气温大。

## 2.2 地温对冬小麦发育期的影响

### 2.2.1 相关分析

用西峰 1981 ~ 2005 年 5、10、15、20 cm 冬、春季地温与对应年份冬小麦返青以后的发育期计算了相关系数(表 1)。可见冬季各深度的地温与冬小麦各发育期均为负相关,即地温高,发育期早,地温低,发育期迟。最显著的是乳熟期,相关系数为 -0.57 ~ -0.65,与 5 cm 地温的相关系数达到 0.01 的显著性检验,与 10、15、20 cm 的地温达到 0.001 的显著性检验。其次是抽穗期,相关系数为 -0.57 ~ -0.65,与 5、10 cm 地温达到 0.01 显著性检验,与 15、20 cm 地温达到 0.001 显著性检验,冬小麦其余发育期的相关系数的显著性检验也在 0.01 以上。春季地温与冬小麦各发育期也均为负相关,最显著的是返青期,相关系数为 -0.60 ~ -0.63,均达 0.001 的显著性检验,其次是拔节期,相关系数为 -0.56 ~

表 1 西峰 1981 ~ 2005 年冬季、春季地温与冬小麦发育期相关系数

Tab.1 The correlation coefficient between each growing stage of winter wheat and 5, 10, 15, 20 cm soil temperature in Xifeng in the period of 1981 - 2005

项目	返青	起身	拔节	孕穗	抽穗	开花	乳熟	成熟	生育期
春	5 cm	-0.60	-0.56	-0.57	-0.51	-0.54	-0.54	-0.54	-0.49
	10 cm	-0.60	-0.55	-0.56	-0.51	-0.54	-0.53	-0.54	-0.48
季	15 cm	-0.61	-0.55	-0.56	-0.51	-0.54	-0.53	-0.54	-0.48
	20 cm	-0.63	-0.57	-0.58	-0.53	-0.56	-0.55	-0.56	-0.50
冬	5 cm	-0.51	-0.49	-0.53	-0.56	-0.57	-0.56	-0.57	-0.52
	10 cm	-0.54	-0.50	-0.55	-0.55	-0.58	-0.56	-0.60	-0.55
季	15 cm	-0.58	-0.58	-0.62	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	-0.62
	20 cm	-0.52	-0.51	-0.55	-0.59	-0.60	-0.59	-0.61	-0.56

-0.58, 达到 0.01 的显著性检验, 冬小麦其余发育期相关系数的显著性检验也在 0.05 以上。

由此可见, 西峰地温与冬小麦发育期为一致的负相关, 地温高, 发育期早, 地温低, 发育期迟。就冬季来说, 地温不但对返青、起身影响明显, 而且对拔节—成熟的各发育期影响也较明显, 就春季而言, 西峰地温对冬小麦返青后的各发育期都有明显的影响。当冬季地温偏低时, 冬小麦的根系受冻, 开春后, 根系恢复慢, 对土壤的水分和养分吸收慢, 对后期的叶、茎、穗的生长都有影响, 致使各个发育期的正常生长受阻而推迟。当春季地温偏低时, 主要是冬小麦的叶、茎、节、穗受冻, 影响光合作用和水分、养分的输送, 使叶、茎、节穗的正常生长受阻, 生长缓慢, 发育期也就推迟。

### 2.2.2 典型年份冬小麦发育期的对比分析

1981~2005 年西峰 10 cm 冬季地温偏高的年份有 1991, 1999, 2001, 2002, 2003, 偏低的年份有 1981, 1983, 1984, 1985, 1992, 春季地温偏高的年份

有 1997, 1999, 2000, 2004, 2005, 偏低的年份有 1983, 1984, 1988, 1989, 1996。表 2 为西峰冬、春季 10 cm 地温典型偏高和偏低年份冬小麦发育期对比。可见西峰冬季地温偏高年与偏低年冬小麦各平均发育期差异最显著的是冬小麦的起身期, 地温偏高年比偏低年提前了 15 d, 其次是返青与全生育期均提前了 11 d, 而且拔节、孕穗和成熟期提前了 6~8 d, 其余的提前不明显或者是相反的。这从另外一个角度说明, 西峰冬季地温对冬小麦的返青—孕穗期间的发育期影响明显, 对抽穗—成熟期间的发育期影响不明显, 这是因为抽穗—成熟期间的发育期与此期间的其它气象要素还有更密切的关系。春季地温高年份与低年份冬小麦各平均发育期的差异也是不一致的, 最显著的是冬小麦的全生育期, 地温偏高年比偏低年提前了 23 d, 其次是起身期提前了 18 d, 而且开花期均提前了 15 d, 其余发育期提前了 7~13 d, 这再次说明西峰春季地温对冬小麦的各发育期都有明显的影响。

表 2 西峰冬、春季 10 cm 地温典型偏高和偏低年份冬小麦发育期对比

Tab.2 The contrast of winter wheat growing periods in typical years with higher or lower 10 cm soil temperature in Xifeng

项目	返青	起身	拔节	孕穗	抽穗	开花	乳熟	成熟	生育期/d
冬季地温偏高年平均	3月5日	3月18日	4月19日	5月4日	5月15日	5月23日	6月16日	6月29日	281
冬季地温偏低年平均	3月16日	4月3日	4月27日	5月10日	5月18日	5月27日	6月13日	7月5日	292
提前天数/d	11	15	8	6	3	4	-3	6	11
春季地温偏高年平均	3月6日	3月16日	4月20日	4月30日	5月9日	5月15日	6月10日	6月22日	272
春季地温偏低年平均	3月18日	4月4日	5月1日	5月12日	5月22日	5月30日	6月17日	7月8日	295
提前天数/d	12	18	11	13	13	15	7	14	23

由西峰冬季和春季地温典型年份冬小麦发育期的对比分析可知, 地温高, 发育期早, 地温低, 发育期迟。冬季地温对冬小麦的多数发育期都有明显的影响, 对少数发育期影响不明显, 春季地温对冬小麦的各发育期都有明显的影响。

相关分析和典型年份对比分析表明, 冬季地温对冬小麦发育期的影响具有阶段性, 春季地温对冬小麦发育期的影响具有持续性和滞后性。

## 3 结 论

西峰 10 cm 地温春季增温最明显, 冬季的增温幅度次之, 秋季的增温幅度最小, 各季节 10 cm 地温 35 a 来均呈上升趋势, 线性增温率为 0.058 °C/a。

相关分析和典型年份对比分析表明, 西峰地温与冬小麦发育期为一致的负相关, 地温高, 发育期早, 地温低, 发育期迟。冬季地温对冬小麦发育期的影响有阶段性, 春季地温对冬小麦各发育期影响具有持续性和滞后性, 春季地温比冬季地温对冬小麦发育期的影响明显。

### 参考文献:

- [1] 顾智章, 王德槟, 吴肇志. 地温对黄瓜幼苗生长发育的影响[J]. 中国蔬菜, 1981, 15(02): 53-58.
- [2] 顾智章, 王德槟, 吴肇志. 不同地温对几种蔬菜幼苗生长发育的影响(初报)[J]. 中国蔬菜, 1998, 16(02): 55-59.
- [3] 吴肇志, 顾智章, 王德槟, 等. 地温对蔬菜种子萌发出土的影响[J]. 中国蔬菜, 1984, 2(04): 23-27.

- [4] 郑景云,葛全胜,郝志新. 气候增暖对我国近40年植物物候变化的影响[J]. 科学通报,2002(20):210-216.
- [5] 葛全胜,郑景云,张学霞,等. 过去40年中国气候与物候的变化研究[J]. 自然科学进展,2003(10):80-86.
- [6] 徐雨晴,陆佩玲,于强. 近50年北京树木物候对气候变化的响应[J]. 地理研究,2005(03):55-60.
- [7] 李国军,李晓媛,王振国,等. 黄河上游水源补给区气候变化及对水资源的影响[J]. 干旱气象,2007,25(2):67-70.
- [8] 孙兰东,刘德祥. 西北地区热量资源对气候变化的响应特征[J]. 干旱气象,2008,26(1):8-12.
- [9] 赵鸿,王润元,王鹤龄,等. 西北干旱区棉花对气候变化响应的评价指标体系[J]. 干旱气象,2008,26(4):29-34.
- [10] 王发科,苟日多杰,祁贵明,等. 柴达木盆地气候变化对荒漠化的影响[J]. 干旱气象,2007,25(3):28-33.
- [11] 李国军,张胜智,吉哲君. 玛曲草原气候生态环境变化及牧草产量灰色预测[J]. 干旱气象,2009,27(1):61-65.
- [12] 郭江勇,林纾. 西北地区降水气温的变化特征分析[J]. 地球科学进展,2007,22(增刊):180-185.

## Analysis of Relations Between Soil Temperature and Winter Wheat Growth Period in Gansu Loess Plateau

FEI Xiaoling<sup>1</sup>, DING Chunlan<sup>2</sup>

(1. Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China; 2. Technology Center of Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Based on the data of 5, 10, 15, 20 cm soil temperature during the period of 1971-2005 and observations of winter wheat growing stages from 1981 to 2005 in Gansu loess plateau, the temporal change of soil temperature and its impact on winter wheat growth period were analyzed. The results show that the 10 cm soil temperature presented increasing trend in winter, spring and autumn. There was negative relation between soil temperature and growing stages of winter wheat, and in winter the milk stage of winter wheat was obviously related with the correlation coefficient of  $-0.57 - -0.65$ , and in spring the green stage was the most significant related with the correlation coefficient of  $-0.60 - -0.63$ .

**Key words:** Gansu loess plateau; soil temperature; winter wheat; growth period; influence analysis