

# 陇东黄土高原冬季积温对冬小麦生育期的影响

辛吉武<sup>1</sup>, 郭江勇<sup>2</sup>, 杨小利<sup>3</sup>, 马鹏里<sup>3</sup>

(1. 海南省气象局, 海南 海口 570203; 2. 甘肃省庆阳市气象局, 甘肃 庆阳 745000; 3. 甘肃省平凉市气象局, 甘肃 平凉 744000)

**摘要:** 采用陇东 15 个气象站 1965~2005 年冬季积温和 1981~2005 年环县、西峰、平凉代表站小麦发育期的资料, 分析了冬小麦发育期的变化规律, 探讨了冬季积温对冬小麦发育期的影响。结果表明, 陇东冬季积温 2000 年以来持续为正距平, 1965~2005 年积温增加率为  $4.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}/\text{a}$ , 陇东冬小麦发育期 1994 年以后基本持续变早。3 个代表站的冬季积温与冬小麦各发育期呈负相关, 西峰的相关性明显, 最显著的是返青期, 其次是抽穗期, 再是起身期。冬小麦平均发育期冬季积温典型偏高年份比典型偏低年份均早, 环县最明显的是全生育期提前了 17 d, 其次是开花期提前了 15 d, 再是起身期提前了 12 d, 西峰最明显的是全生育期提前了 21 d, 其次是起身期提前了 19 d, 再是返青期提前了 17 d, 平凉最明显的是开花、乳熟期均提前了 7 d, 其次是起身期提前了 6 d, 再是孕穗、抽穗期提前了 5 d。

**关键词:** 陇东黄土高原; 冬季积温; 冬小麦发育期; 相关分析

**中图分类号:** S 512.1<sup>+</sup>1; S 162.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007) 04-0085-05

冬小麦是陇东的主要粮食作物, 每年种植面积  $35\sim 40\text{万}\text{h}\text{m}^2$ , 平均产量  $2\ 250\sim 3\ 750\text{kg}/\text{h}\text{m}^2$ , 占粮田总面积的  $55\%\sim 60\%$ , 分析冬小麦发育期的变化规律和气候要素对其影响, 对于掌握主要要素, 进行产业结构调整有重要的意义。全球气候变暖对区域气候产生了重大的影响, 对作物的生长发育也有重大的影响<sup>[1~3]</sup>。区域气候和作物生育期变化对全球气候变化的响应引起社会各界的高度重视, 许多学者在这方面做了大量的研究。郑景云等<sup>[4]</sup>分析了近 40a 温度变化对我国木本植物物候变化的影响, 指出随着 20 世纪 80 年代以后我国大部分地区春季增温, 华北及长江下游等地区的物候期提前; 葛全胜等<sup>[5]</sup>分析了近 40a 中国气温、降水与自然物候的变化趋势及其区域差异, 指出较为明显的升温阶段出现在 1980 年以后, 西北等地区的春季物候期提前, 徐雨晴等<sup>[6]</sup>研究了北京地区 20 种树木芽萌动期及 4 种树木开花期的变化及其对气温变化的响应, 指出北京树木芽萌动的早晚主要受冬季气温的影响。陇东黄土高原是西北地区半湿润气候向半干旱气候过渡的区域, 是气候变化较为敏感的区域之一<sup>[7]</sup>, 气候和作物生育期变化对气候变化的响应是需要进一步研究的问题。冬季积温是表征霜期农业生产热量资源的生态指标之一, 顾卫、纪瑞鹏<sup>[8, 10, 11]</sup>对渤海和黄海北部地区、辽宁省负积温资源的时空分布特征进行了分析, 谭艳梅<sup>[12]</sup>对新疆主要棉花产

区年积温预测模型进行了探讨, 韩永翔等<sup>[13~17]</sup>对甘肃的气候对农作物的影响做了研究。上述工作为物候变化对气候变化的响应提供了重要依据, 但是只考虑了少数生育期, 对积温与作物的关系结合不够密切。这里分析了冬季积温对冬小麦春季到收获所有生育期的变化和影响, 对进一步分析冬小麦发育期的变化规律以及物候预测有一定的意义。

## 1 资料来源和分析

冬季日气温资料来源于甘肃省气候中心, 冬小麦发育期资料来源于甘肃省平凉市气象局和西峰农业气象试验站。进行相关分析, 然后选取典型年份进行对比分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 陇东黄土高原冬季积温的分布特征

用陇东 15 个气象站 1965~2005 年的日气温资料统计了冬季(上年 12 月~当年 2 月, 下同)积温, 图 1 为陇东 15 个气象站冬季平均积温空间分布, 可见积温高中心有两个, 分别在崇信、泾川, 中心值依次为  $-270.1$ 、 $-247.9^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ , 低中心在华池和静宁, 中心值为  $-466.3$ 、 $-439.3^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ , 其特征是以泾川为中心向外递减, 南北差异大, 东西差异小, 积温主要随纬度变化大。

收稿日期: 2006-07-26

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专项(2005DIB31100); 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”(Lab 2002-2-03<sub>kys</sub>)

作者简介: 辛吉武(1966-), 甘肃定西人, 副研究员, 主要从事气候变化规律与预测方法等研究。E-mail: jzghsgjy@163.com

通信作者: 郭江勇(1960-), 甘肃宁县人, 高级工程师, 主要从事气候变化规律与预测方法、气候资源开发利用、农业气象条件分析等

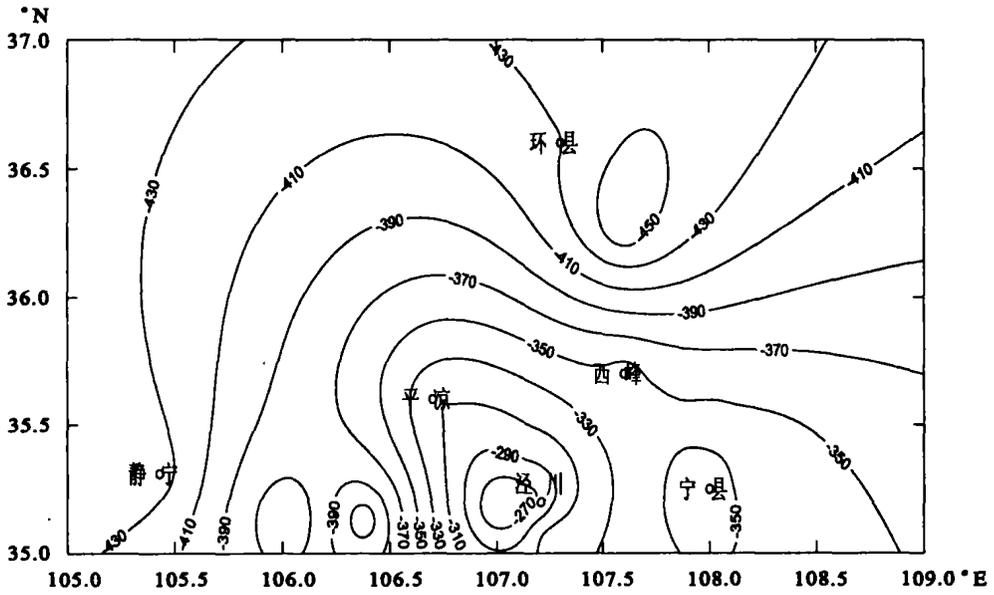


图 1 陇东黄土高原冬季积温分布 (X—经度°E, Y—纬度°N)

Fig. 1 Distribution of winter accumulation temperature in East Gansu loess plateau (X-axis longitude °E, Y-axis is latitude °N)  
静宁Jingning; 平凉Pingliang; 泾川Jingchuan; 环县Huanxian; 西峰Xifeng; 宁县Ningxian

图 2 为陇东 15 个气象站 1965~2005 年冬季平均积温距平演变曲线, 可见 1965~1976 年基本为负距平, 1977~1981 年基本为正距平, 1982~1985 年

又为负距平, 1986 年以来基本为正距平, 尤其是 2000 年以来持续为正距平, 1965~2005 年积温增加率为 4.5°C·d/a。

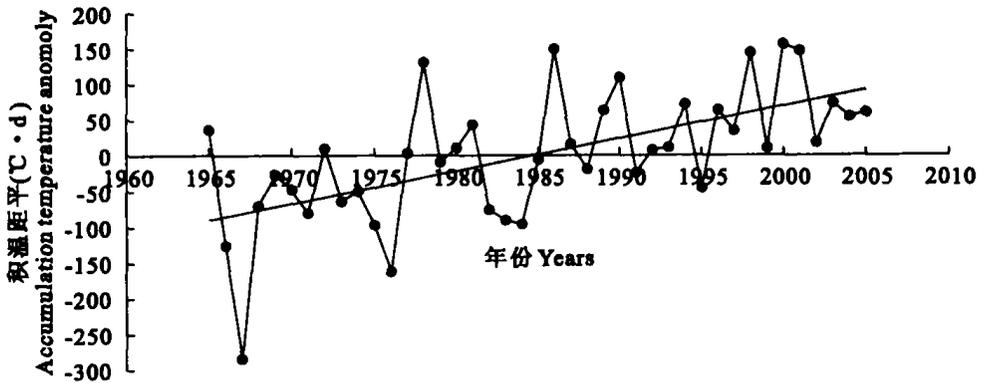


图 2 陇东黄土高原冬季积温距平时间变化 (细线为实况, 粗线为线性拟合)

Fig. 2 Departure variation of winter accumulation temperature in East Gansu loess plateau  
(The fine line is the observation; the heavy line is linear fitting)

### 2.2 陇东黄土高原冬小麦发育期的变化规律

用 1981~2005 年环县、西峰、平凉代表站冬小麦返青、抽穗、成熟期分析其变化规律。图 3 为环县、西峰、平凉代表站 1981~2005 年冬小麦返青、抽穗、成熟期变化曲线, 可见各发育期 1981~1984 年较早, 1985 年较迟, 1986 年突然变早, 1987 年突然变迟, 1988~1992 年较早, 1993 年较迟, 1994 年以后基本持续变早, 但是平凉、环县起身期波动较大, 与气温变化趋势不一致, 与冬季积温的变化趋势也不一致, 说明起身期的影响因子较多, 变化也比较复杂。

### 2.3 陇东黄土高原冬季积温与作物生育期的相关分析

表 1 为环县、西峰、平凉代表站 1981~2005 年冬季积温与对应年份冬小麦各发育期的相关系数, 可知各代表点的积温与冬小麦各发育期均呈负相关, 环县、平凉的相关性不显著, 西峰的相关性比较显著, 除乳熟期外其它各发育期的相关系数在 -0.31 以上, 最显著的是返青期, 为 -0.47, 其次是抽穗期, 为 -0.44, 再是起身期, 为 -0.43, 均达到 0.05 的信度检验。对环县、平凉来说, 冬季积温与

发育期线性相关不显著,影响比较复杂。平凉处于川道,就多年平均来说,冬季最低气温比西峰高,冬小麦的发育期对积温的反映不敏感,环县是陇东最偏北的地方,就多年平均来说,冬季寒冷,冬季积温多数超过冬小麦越冬受冻害的指标,冬小麦的发育

期对积温的反映也不敏感。

总的来说,当冬季积温低时,冷空气活动频繁,气温低破坏了休眠,根系受冻,起身后叶、茎等器官发育缓慢,各生育期推迟。

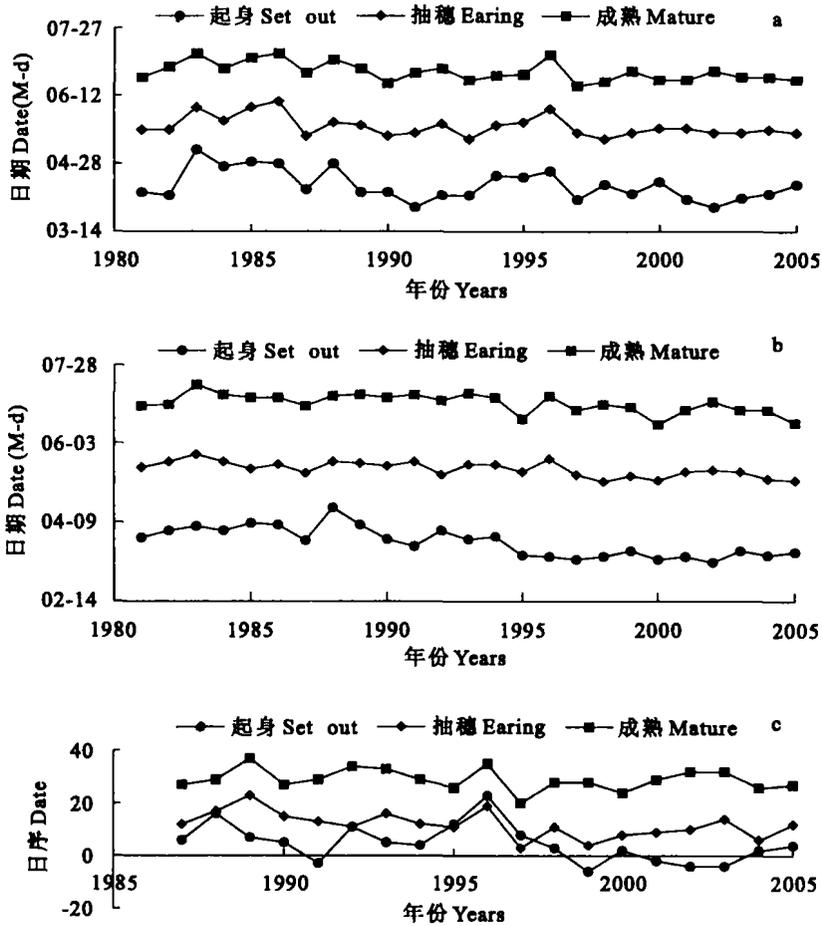


图 3 环县(a)、西峰(b)、平凉(c) 冬小麦起身、抽穗、成熟期变化曲线

Fig. 3 Change of winter wheat's different development periods of setting out, earing and maturing in Huanxian(a), Xifeng(b) and Pingliang(c)

表 1 陇东黄土高原冬季积温与冬小麦生育期相关系数

Table 1 Correlation coefficient between winter accumulation temperature and winter wheat's development periods in East Gansu loess plateau

地区 Area	返青 Turning green	起身 Setting out	拔节 Jointing	孕穗 Booting	抽穗 Earring	开花 Blossoming	乳熟 Early ripeness	成熟 Mature	生育期 Period of duration
环县 Huanxian	-0.01	-0.26	-0.15	0.00	-0.07	-0.14	-0.05	-0.26	-0.27
西峰 Xifeng	-0.47	-0.43	-0.39	-0.40	-0.44	-0.35	-0.19	-0.31	-0.38
平凉 Pingliang	0.16	-0.20	-0.15	-0.20	-0.06	-0.24	-0.03	-0.08	-0.10

注 Note:  $\gamma_{0.01}=0.32, \gamma_{0.05}=0.38, \gamma_{0.01}=0.49$ .

### 2.4 典型年份作物生育期的对比分析

相关分析是分析两个要素关系的方法之一,但这只是线性关系,也是气候平均的相关,有时候有一定的局限性,为此,选取典型年份进行对比分析,进一步分析冬季积温与作物生育期的关系。

2.4.1 典型年份冬小麦生育期的对比分析 表 2 为环县冬季积温典型高年和典型低年冬小麦各发育期统计,可知积温高年各平均发育期比积温低年普遍提前,最明显的是全生育期提前了 17d,其次是开花期提前了 15d,再是起身和成熟期提前了 12d。

表 2 环县冬季积温典型年冬小麦发育期 (M-d)

Table 2 Winter wheat's period of duration in typical years of winter accumulation temperature in Huanxian

年份 Year	返青 Turning green	起身 Setting out	拔节 Jointing	孕穗 Booting	抽穗 Earring	开花 Hossoning	乳熟 Early ripeness	成熟 Mature	生育期(d) Period of duration	
高年 High years	1998	03-28	04-14	04-26	05-06	05-14	05-17	06-08	06-21	272
	2000	03-24	04-16	05-04	05-16	05-21	05-24	06-06	06-22	269
	2001	03-16	04-04	04-28	05-16	05-21	05-24	06-06	06-22	267
	平均 Average	03-23	04-11	04-29	05-13	05-19	05-22	06-07	06-22	269
低年 Low years	1982	03-18	04-07	04-26	05-06	05-20	05-24	06-10	07-10	289
	1983	04-04	05-07	05-18	05-27	06-04	06-11	06-26	07-10	291
	1984	03-17	04-26	05-08	05-19	05-26	06-11	06-15	06-30	274
	平均 Average	03-23	04-23	05-07	05-17	05-27	06-05	06-14	07-04	285
差值 Reduces value(d)	0	12	9	5	9	15	8	12	17	

表 3 为西峰冬季积温典型高年和典型低年冬小麦各发育期统计,可知积温高年各平均发育期比积温低年普遍提前了 3d 以上,最明显的是全生育期

提前了 21d,其次是起身期提前了 19d,再是返青期提前了 17d。

表 3 西峰冬季积温典型年冬小麦发育期 (M-d)

Table 3 Winter wheat's period of duration in typical years of winter accumulation temperature in Xifeng

年份 Year	返青 Turning green	起身 Setting out	拔节 Jointing	孕穗 Booting	抽穗 Earring	开花 Hossoning	乳熟 Early ripeness	成熟 Mature	生育期(d) Period of duration	
高年 High years	1986	03-12	04-07	04-27	05-10	05-19	05-28	06-16	07-05	284
	1998	03-02	03-16	04-22	05-01	05-07	05-19	06-15	06-30	281
	2000	03-06	03-14	04-20	04-30	05-08	05-14	06-06	06-16	261
	平均 Average	03-07	03-22	04-23	05-04	05-11	05-20	06-12	06-27	275
低年 Low years	1983	03-19	04-06	05-04	05-17	05-26	06-02	06-22	07-14	301
	1984	03-20	04-03	04-29	05-12	05-21	05-31	06-15	07-07	292
	1988	03-30	04-19	05-04	05-13	05-21	05-30	06-18	07-06	292
	平均 Average	03-23	04-09	05-03	05-14	05-23	05-31	06-15	07-09	295
差值 Reduces value(d)	17	19	11	11	13	12	4	13	21	

表 4 为平凉冬季积温典型高年和典型低年冬小麦各发育期统计,可知积温高年各平均发育期比积温低年普遍提前,最明显的是开花期提前了 7d,其次是起身期提前了 6d,再是孕穗、抽穗期提前了 5d。

通过对陇东冬季积温典型高年和典型低年对冬小麦发育期的对比分析可见,冬季积温高的年份冬小麦的各发育期比低的年份早,影响最明显的是西峰,其次是环县,再是平凉。

### 3 结论与讨论

陇东冬季积温有崇信、泾川 2 个高中心,有华池、静宁 2 个低中心,冬季积温 2000 年以来持续为正距平,1965~2005 年积温增加率为  $4.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}/\text{a}$ ,这种变化趋势与西北地区和气候增暖的趋势非常吻

合。陇东冬小麦发育期 1994 年以后基本持续变早,生育期的这种演变趋势与冬季积温的演变很吻合。

3 个代表站的冬季积温与冬小麦各发育期呈负相关,西峰的相关显著,最显著的是返青期为  $-0.47$ ,其次是抽穗期为  $-0.44$ ,再是起身期为  $-0.43$ 。冬季积温典型偏高年份冬小麦平均发育期比典型偏低年份的都早,环县最明显的是全生育期提前了 17d,其次是开花期提前了 15d,再是起身期提前了 12d,西峰最明显的是全生育期提前了 21d,其次是起身期提前了 19d,再是返青期提前了 17d,平凉最明显的是开花期提前了 7d,其次是起身期提前了 6d,再是孕穗、抽穗期提前了 5d。

这里分析了陇东冬季积温对冬小麦发育期的影响,其它要素的影响有待进一步研究。

表 4 平凉冬季积温典型年冬小麦发育期 (M-d)

Table 4 Winter wheat's period of duration in typical years of winter accumulation temperature in Pingliang

年份 Year	返青 Turning green	起身 Setting out	拔节 Jointing	孕穗 Booting	抽穗 Earring	开花 Blossoming	乳熟 Early ripeness	成熟 Mature	
高年 High years	1998	02-28	04-03	04-18	05-01	05-11	05-14	06-15	06-28
	2000	03-14	04-02	04-24	05-02	05-08	05-13	05-29	06-24
	2001	03-06	03-28	04-22	05-02	05-09	05-18	06-07	06-29
	平均 Average	03-07	04-02	04-21	05-02	05-09	05-15	06-09	06-27
低年 Low years	1988	03-17	04-16	05-02	05-11	05-17	05-25	06-13	06-29
	1991	03-20	03-27	04-15	05-06	05-13	05-21	06-09	06-29
	1995	03-06	04-12	04-26	05-05	05-11	05-20	06-07	06-26
	平均 Average	03-08	04-08	04-24	05-07	05-14	05-22	06-10	06-28
差值 Reduces value(d)	1	6	3	5	5	7	2	1	

参考文献:

[1] 张志强, 孙成权. 全球变化研究十年新进展[J]. 科学通报, 1999, 44(5): 464-477.

[2] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 25(12): 19-26.

[3] 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢, 等. 近百年中国年气温序列的建立[J]. 应用气象学报, 1998, 12(04): 9-18.

[4] 陈玲, 张青松, 朱立平, 等. 近 400 年来北极地区和中国气温变化的对比研究[J]. 地理研究, 2000, 10(04): 25-30.

[5] 王菱, 谢贤群, 苏文, 等. 中国北方地区 50 年来最高和最低气温变化及其影响[J]. 自然资源学报, 2004, 24(03): 201-208.

[6] 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(5): 210-216.

[7] 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(5): 80-86.

[8] 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, 12(03): 55-60.

[9] 谢金南. 中国西北地区干旱气候变化与预测研究(第一卷) [M]. 北京: 气象出版社, 2000. 1-8.

[10] 顾卫, 史培军, 刘杨, 等. 渤海和黄海北部地区负积温资源的时空分布特征[J]. 自然资源学报, 2002, 10(2): 55-60.

[11] 纪瑞鹏, 张玉书, 冯锐, 等. 辽宁省负积温地理分布特征与模拟[J]. 气象科技, 2005, 25(4): 10-14.

[12] 谭艳梅, 毛炜峰, 李新建, 等. 新疆主要棉花产区年积温预测模型研究[J]. 干旱区研究, 2005, 35(2): 60-64.

[13] 韩永翔, 董安祥, 王卫东. 气候变暖对中国西北主要农作物的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 34(04): 39-43.

[14] 蒲金涌, 邓振镛, 姚小英, 等. 甘肃省冬小麦生态气候分析及适生种植区划[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 35(01): 179-185.

[15] 刘德祥, 董安祥, 陆登荣. 中国西北地区近 43 年气候变化及其对农业生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 35(02): 114-117.

[16] 姚玉璧, 李耀辉, 王毅荣, 等. 黄土高原气候与气候生产力对全球气候变化的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 35(02): 122-126.

[17] 刘明春, 邓振镛, 李巧珍, 等. 甘肃省玉米气候生态适应性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 35(03): 112-117.

## Influence of winter accumulation temperature to winter wheat's period of duration in East Gansu loess plateau

XI N Ji-wu<sup>1</sup>, GUO Jiang yong<sup>2</sup>, YANG Xiao li<sup>3</sup>, MA Peng li<sup>3</sup>

(1. Hainan Provincial Meteorological Bureau, Haikou, Hainan 570203; 2. Qingyang Municipal Meteorological Bureau, Qingyang, Gansu 745000; 3. Pingliang Municipal Meteorological Bureau, Pingliang, Gansu 744000, China)

**Abstract:** With the data of winter accumulation temperature in 15 weather stations from 1965 to 2005, and the data of winter wheat's development periods from 1981 to 2005 in three representative stations, the change course was analysed. The influence of winter accumulation temperature to winter wheat's period of duration was discussed by using the method of correlation coefficient computation and the contrast between typical years. The result indicated that the accumulation temperature has been positive departure since 2000, and the accumulation temperature increased at the rate of 4.5 °C/d/a from 1965 to 2005. The growth period of winter wheat in East Gansu has become earlier since 1994. The correlation between accumulation temperature assumes and the winter wheat's development periods are negative. The correlation is the most obvious in Xifeng. Turning green is the most remarkable growth period, next is the earing period, then is setting-out period.

**Key words:** East Gansu loess plateau; winter accumulation temperature; winter wheat development period; correlation analysis