

宁夏山区小麦产量变化特征及其对气候变化的响应

苏占胜^{1,2}, 陈晓光¹, 黄 峰³, 尚永生¹

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002;

2. 宁夏气象台, 宁夏 银川 750002; 3. 宁夏石嘴山市气象局, 宁夏 石嘴山 753000)

摘 要: 利用宁夏山区各气象站 1957~2002 年的气候资料及同期小麦产量资料, 分析了宁夏中部干旱带和南部山区小麦产量和气候要素的周期性变化特征以及小麦产量与气候要素的关系。采用常用的墨西哥帽小波(Mexican Hat)函数, 分别对宁夏中部干旱带和南部山区小麦单产气候产量和气候要素时间序列进行了小波分析, 分离、提取了小麦单产气象产量和气候要素时间序列的波动周期, 并进行了相关性分析。结果表明: 1954~2002 年, 宁夏中部干旱带小麦单产在波动中增长。气候产量与 5 月份降水量有明显的正相关。中部干旱带小麦气候产量具有 4 年左右、8 年左右和 16 年左右的周期振荡, 且以 8 年左右的周期最为显著。5 月份降水量有 4 年左右、8 年左右、16 年左右和 32 年左右 4 个时间尺度的振荡周期, 以 8 年左右、16 年左右和 32 年左右的周期性振荡最强。气候产量和 5 月份降水量在 4 年和 8 年的振荡周期上有同位相, 相关性达到显著水平。宁夏南部山区小麦单产在波动中稳步增长。气候产量与 5 月份降水量有明显的正相关, 与 5 月份平均气温有明显的反相关。宁夏南部山区小麦气候产量有 4 年左右和 8 年左右的周期振荡, 以 4 年左右的周期性振荡最强。5 月份降水量有 4 年左右、8 年左右、16 年左右和 32 年左右 4 个时间尺度的振荡周期, 以 8 年左右、16 年左右和 32 年左右的周期性振荡最强; 5 月份平均气温存在着 8 年左右和 16 年左右 2 个时间尺度的振荡周期, 以 16 年左右的周期性振荡最强。气候产量与 5 月份降水量 4 年和 8 年的振荡周期上具有明显的同位相, 与 5 月份平均气温 8 年的振荡周期有明显反位相。气候变化对宁夏南部山区及宁夏中部干旱带小麦产量具有明显的影响。

关键词: 小麦产量, 气候变化, 特征, 响应, 宁夏山区

中图分类号: S512.1⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2007)02-0218-08

IPCC 第三次气候变化评价报告指出, 20 世纪全球气候明显变暖, 地球表面温度增加了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$, 全球气候变化会对农业产生重大影响, 其中对那些适应能力差、生产异常脆弱的地区是不利的^[1~3]。宁夏地处我国西北干旱半干旱内陆地区, 其中部为干旱、半干旱地区, 农业生产依赖于自然降水, 多年平均降水量在 200~300 mm, 农业生产条件差, 产量低而不稳, 波动很大; 南部地区为半干旱山区及六盘山阴湿气候区, 多年平均降水量在 350 mm 以上, 农业生产条件较中部干旱带稍好, 粮食产量低, 波动较大。气候条件对这一地区农业生产的影响是显而易见的。本文根据粮食产量资料、气候观测资料, 在分析宁夏山区的主要粮食作物——小麦产量变化特征的基础上, 综合分析小麦产量与气候条件的关系及其对气候变化的响应, 以期对农业经济的调整、粮食生产安全及政府决策提供科学的参考依据。

1 资料及方法

1.1 资料

由于宁夏由北至南气候及环境条件差异较大, 在本文中, 我们根据气候条件、农牧业分布和生态环境状况以及传统的习惯并考虑行政区划, 把宁夏山区划分为中部干旱带和南部山区 2 个不同的区域来分析。在地理分布上, 中部干旱带包括了盐池县、同心县和海原县; 南部山区包括了固原市原州区、西吉县、隆德县、泾源县及彭阳县。

本文所用的小麦产量为 1951~2002 年宁夏中部干旱带及南部山区各县小麦单产资料, 均来自宁夏统计局《宁夏统计年鉴》。气象资料为相应地区各气象观测站自有气象观测记录以来(1957~2002 年)逐年各旬平均气温、降水量、日照时数, 来自宁夏气象档案室。本文对气象资料及产量资料, 按区域进行等权算术平均, 用来代表各区域的气象状况及

收稿日期: 2006-10-08

基金项目: 国家科技部公益性基金项目“宁夏气候对全球气候变化的响应及其机制”(2004DIB3J121); 中英合作国家科技攻关计划项目“气候变化对宁夏农业的影响和适应研究”(2001-BA611B-02-01-3); 中国气象局气候变化专项“气候变化对宁夏主要农作物及适应性影响的研究”(CCSF2006-16)

作者简介: 苏占胜(1966—), 男, 宁夏中宁人, 高级工程师, 主要从事应用气象、气候变化影响、遥感与 GIS 应用研究。

产量。

1.2 产量资料处理

影响单位面积粮食产量变化的因素有社会经济条件、品种、气候条件等多种因素,但经济条件及品种因素等的变化相对稳定,而气候条件年际间波动较大,因此,一般将粮食单产 Y 分解为随时间变化的时间趋势项 Y_t (趋势产量)和随气候条件波动的气候产量 Y_w 以及可以忽略不计的随机变化项 $\triangle Y$ 。据此定义相对气候产量为:

$$Y_w = \frac{(Y - Y_t)}{Y_t} \times 100\%$$

(1)

$Y_w > 0$ 时,气候条件有利于产量形成, $Y_w < 0$ 时,气候条件对产量形成不利^[5,6]。 Y_w 的求取方法比较多,根据小麦产量变化特点,我们对中部干旱带和南部山区小麦单产分别采用分段多项式模拟和多项式模拟方法分离相对气候产量。中部干旱带及南部山区小麦产量单产变化趋势如图 1、图 2,模拟方程见表 1。

表 1 中部干旱带及南部山区小麦趋势产量模拟模式

Table 1 Modle of wheat yield tendency in the middle arid region and south mountain region of Ningxia

地区 Region	时段 Duration	方程 Equation
中部干旱带 Middle arid region	1950~1976	$Y_t = -0.0072t^3 - 1.2263t^2 + 44.148t + 117.68$
	1976~2002	$Y_t = 0.0963t^3 - 5.8558t^2 + 140.17t - 18.583$
南部山区 South mountain region	1950~2002	$Y_t = 0.0026t^3 + 0.3161t^2 - 4.3666t + 671.31$

注: t 为年份序号(1, ..., n)。 Note: t means number of year(1, ..., n)。

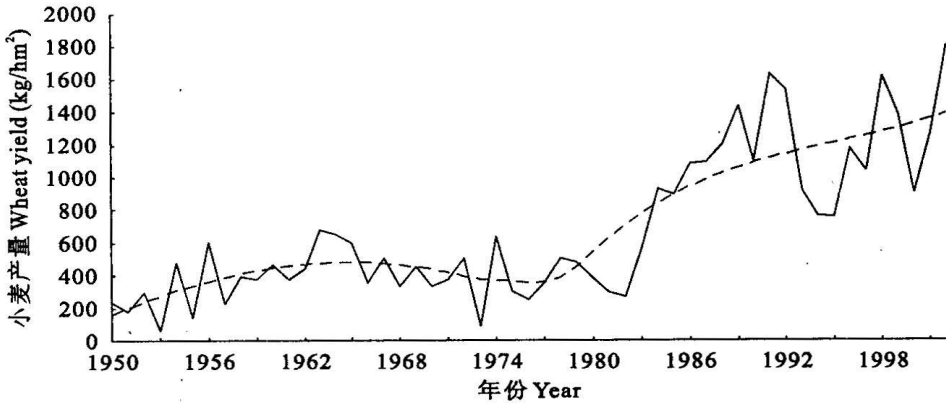


图 1 中部干旱带小麦单产变化趋势

Fig.1 Change tendency of wheat yield in the middle arid region of Ningxia

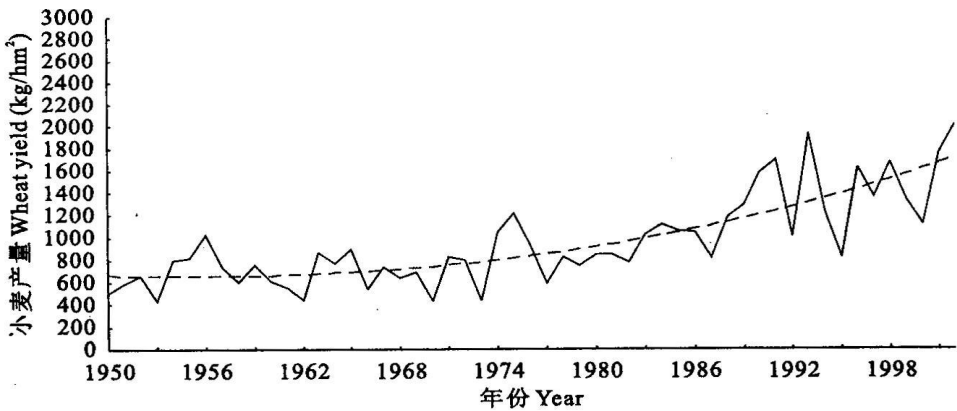


图 2 南部山区小麦单产变化趋势

Fig.2 Change tendency of wheat yield in the south mountain region of Ningxia

1.3 小波分析方法

小波分析是在傅立叶(Fourier)变换的基础上引入了窗口函数,小波变换基于仿射群的不变性(平移和伸缩的不变性),允许把一个时间序列分解为时间

和频率的贡献,它对于获取一个复杂时间序列的调整规律,诊断出气候变化的内在层次结构,分辨时间序列在不同尺度上的演变特征等是非常有效的^[7~9]。小波函数可定义为:设 $\varphi(t)$ 为平方可积函

数,即 $\varphi(t)=L^2(R)$,若其傅立叶变换 $\psi(\omega)$ 满足容许条件:

$$C_{\psi}=\int_R\frac{|\varphi(\omega)|^2}{\omega}d\omega<\infty$$

(2)

则 $\varphi(t)$ 称为一个基本小波或小波母函数,将小波函数 $\varphi(t)$ 进行伸缩和平移,得到连续小波 $\varphi_{a,\tau}(t)$:

$$\varphi_{a,\tau}(t)=\frac{1}{\sqrt{a}}\varphi(\frac{t-\tau}{a}),a,\tau\in R,a>0$$

(3)

对于任意函数 $f(t)\in L^2(R)$ 的连续小波变换为:

$$W_f(a,\tau)=\langle f(t),\varphi_{a,\tau}(t)\rangle$$
$$=\frac{1}{\sqrt{a}}\int_Rf(t)\varphi(\frac{t-\tau}{a})dt$$

(4)

式中, a 是尺度因子, τ 是平移因子, $W_f(a,\tau)$ 称为小波系数。

采用常用的墨西哥帽小波(Mexican Hat)函数

对小麦气候产量和气候要素时间序列进行连续小波变换,其小波函数形式如下:

$$\varphi(t)=(1-t^2)e^{(-t^2/2)}$$

(5)

为了判断各序列的主要周期,即对降水序列变化起主要作用的周期,采用如下计算公式进行小波方差检验:

$$W_p(a)=\int_{-\infty}^{\infty}|W_f(a,b)|^2db$$

(6)

式中, $W_p(a)$ 为小波方差, $W_f(a,b)$ 为小波系数^[10,11]。

2 小麦产量与气候条件的相关分析

作物生长发育及产量形成与气象条件关系密切,那么,对于宁夏山区小麦来讲,影响其产量形成的关键气候要素是什么呢?我们通过对中部干旱带及南部山区小麦相对气候产量与小麦生育期内不同时段的气温及降水量进行相关分析,结果如表 2。

表 2 宁夏山区小麦气象产量与气候要素线性相关系数表

Table 2 Correlation coefficient of wheat climate yield with climatic factors in the mountain region of Ningxia correlation is significant at the 0.05 level

时段 Period	中部干旱带 Middle arid region		南部山区 South mountain region	
	平均气温 Average T.	降水量 Precipitation	平均气温 Average T.	降水量 Precipitation
3 月 March	-0.158	0.306*	0.018	0.306*
4 月 April	0.216	0.179	-0.113	0.030
5 月 May	-0.013	0.405*	-0.367*	0.369*
6 月 June	-0.156	0.368*	-0.088	-0.149
7 月 July	-0.206	0.073	-0.158	0.044

注: * 代表相关系数达到 0.05 显著水平。Note: * means the correlation is significant at $P<0.05$.

从表 2 可以看出,中部干旱带小麦产量与各时段平均气温均无明显相关,而与 3 月、5 月、6 月降水量相关显著,相关系数分别达到 0.306、0.405 和 0.368,说明中部干旱带小麦产量与降水量关系密切,降水量是该区域小麦产量形成的主要限制因子。3 月份,是中部干旱带小麦播种~出苗期,降水量的多少直接影响到小麦的出苗。5~6 月,是小麦分蘖、拔节、抽穗期,降水量对产量的形成至关重要,特别是 5 月份,正是小麦分蘖~孕穗期,也是小麦水分需求的最大时期和水分敏感期,降水量的多少对小麦产量形成影响极大。南部山区小麦产量与 5 月份平均气温相关系数为-0.368,与 3 月、5 月降水量相关系数分别为 0.306 和 0.369,均达到显著水平。3 月份降水量,对于南部山区冬小麦返青、春小麦播种前底墒的蓄积有利;5 月份是南部山区小麦拔节~孕穗的关键时期,气温偏高,会加快小麦穗分化速度,缩短穗分化时间,不利于小麦大穗的形成。而拔

节~孕穗期,正是小麦水分需求的关键时期,小麦穗分化对水分状况十分敏感,因此降水量的多少,对小麦产量的形成影响很大。

3 小麦产量及气候要素的小波分析

3.1 小麦气候产量小波周期分析

图 3 是对中部干旱带小麦单产气候产量序列做墨西哥帽小波变换得到的小波系数实部等值线图。图中的符号反映振荡的位相,正负中心值反映了不同尺度振荡的振幅最大值。其中正值对应着气候产量 $Y_w>0$ 的时期,而负值则对应着气候产量 $Y_w<0$ 的时期。波幅中心所在的周期长短与气候产量正(负)时期相对应^[12~14]。从图 3 看到中部干旱带小麦气候产量多个特征时间尺度的周期变化特征及其在时间域中的分布情况。其中较明显的是 4 年左右和 8 年左右以及 16 年左右的特征时间尺度。同时可以看出,在不同的时段气候产量变化所表现出来的特

征时间尺度有所不同;在 20 世纪 80 年代以前,主要表现出 4 年左右的周期,而 80 年代以后,8 年周期更加明显。

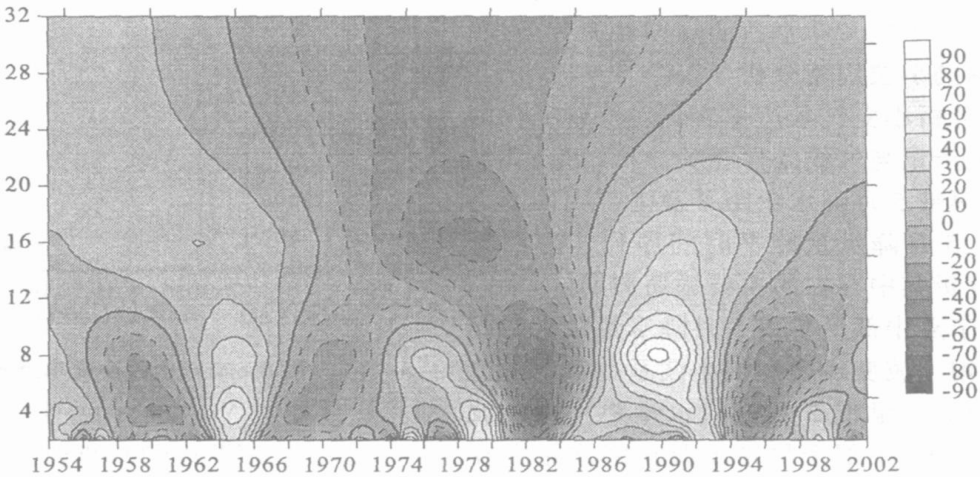


图 3 中部干旱带小麦单产气候产量小波系数等值线图

Fig. 3 Contour map of wavelet coefficient of wheat climate yield in the middle arid region of Ningxia

利用小波方差的定义式(5),我们就可以确定气候产量变化中存在的主要时间尺度,即分析其中存在的主要周期。图 4 是宁夏中部干旱带小麦气候产量变化的小波方差图,由图中我们可以看出 3 个峰值,分别对应着周期为 4 年左右、8 年左右和 16 年左右,其中,4 年左右和 8 年左右的峰值十分明显。由此可见宁夏中部干旱带小麦气候产量变化存在着 4 年左右和 8 年左右这两个主要的周期振荡,其中以 8 年左右的周期性振荡最强。

图 5 是对宁夏南部山区小麦单产气候产量序列做墨西哥帽小波变换得到的小波系数实部等值线图。从图中可以看出,南部山区小麦气候产量存在着 4 年左右和 8 年左右的 2 个时间尺度的振荡周期。与中部干旱带相似的是,20 世纪 80 年代以前

以 4 年左右的周期十分明显,而 80 年代以后,8 年左右的周期更加明显。

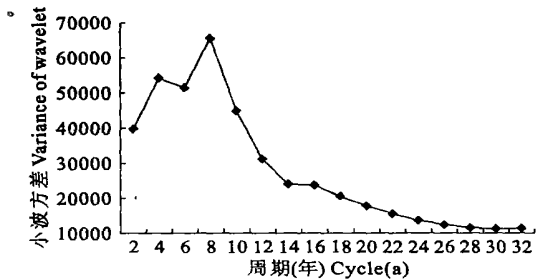


图 4 中部干旱带小麦单产气候产量小波方差

Fig. 4 Variance of wavelet of wheat climate yield in the middle arid region of Ningxia

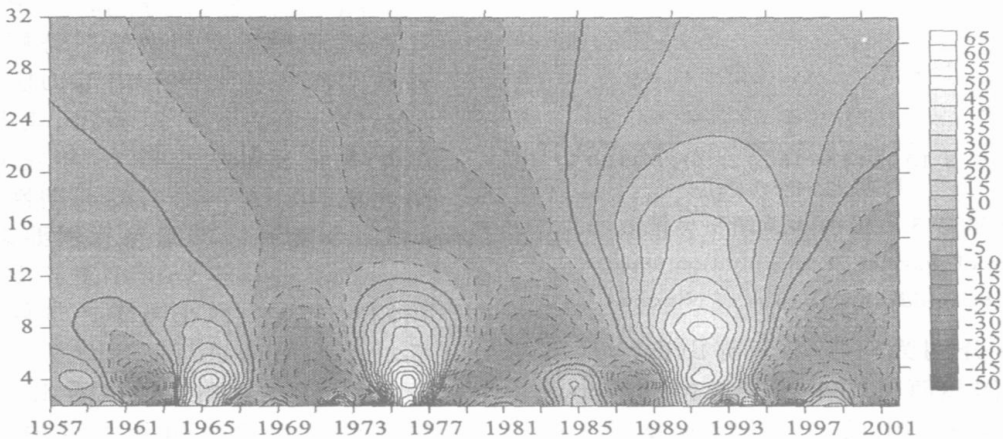


图 5 南部山区小麦单产气候产量小波系数等值线图

Fig. 5 Contour map of wavelet coefficient of wheat climate yield in the south mountain region of Ningxia

图 6 是宁夏南部山区小麦气候产量变化的小波方差图,由图中我们可以看出,宁夏中部干旱带小麦气候产量变化存在着 4 年左右和 8 年左右这两个主要的周期振荡,其中以 4 年左右的周期性振荡最强。

3.2 气候要素的小波周期分析

为了对比分析小麦气候产量变化对气候变化的响应,根据小麦产量与气候条件相关分析结果,我们分别对中部干旱带 5 月降水量距平及南部山区 5 月平均气温距平、5 月降水量距平时间序列作墨西哥帽小波变换,分析其中存在的主要振荡周期。

图 7 是对宁夏中部干旱带 5 月降水量距平时间序列作墨西哥帽小波变换得到的小波系数实部等值线图,图 8 是中部干旱带 5 月份降水量距平的小波方差图。可以看出,中部干旱带 5 月份降水量存在

着 4 年左右、8 年左右、16 年左右和 32 年左右 4 个时间尺度的振荡周期,以 8 年左右、16 年左右和 32 年左右的周期性振荡最强。

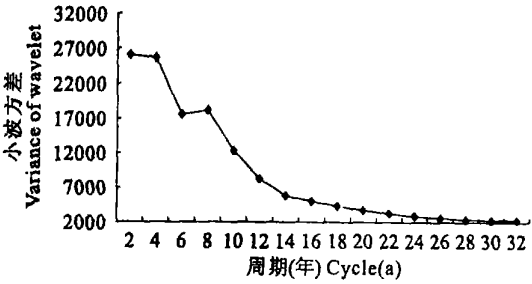


图 6 南部山区小麦单产气候产量小波方差
Fig. 6 Variance of wavelet of wheat climate yield in the south mountain region of Ningxia

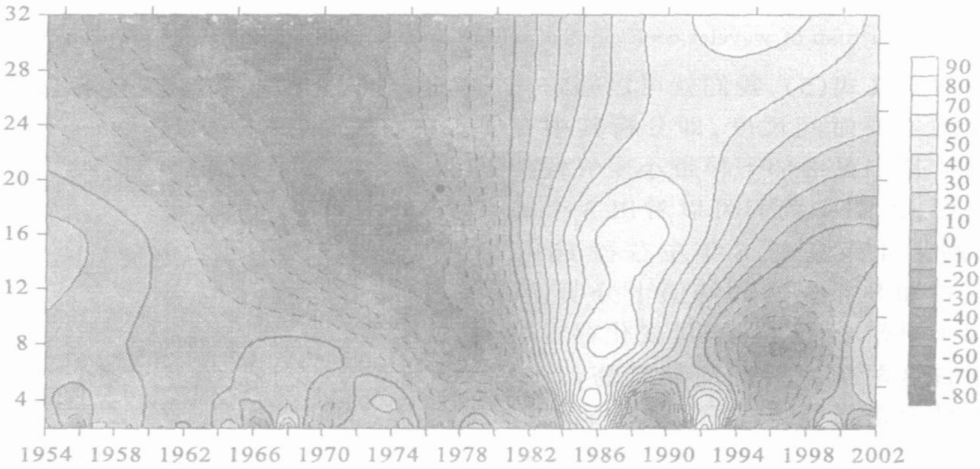


图 7 中部干旱带 5 月降水量距平小波系数等值线图

Fig. 7 Contour map of wavelet coefficient of precipitation departure in May in the middle arid region of Ningxia

时间尺度的振荡周期,以 8 年左右、16 年左右和 32 年左右的周期性振荡最强。

图 11 和图 12 分别是对宁夏南部山区 5 月平均气温距平时间序列做墨西哥帽小波变换得到的小波系数实部等值线图和南部山区 5 月份平均气温距平的小波方差图。可以看出,南部山区 5 月份平均气温存在着 8 年左右和 16 年左右 2 个时间尺度的振荡周期,以 16 年左右的周期性振荡最强。

3.3 小麦气候产量与气候要素的小波周期对比

为了进一步分析小麦产量对气候变化的响应,我们对宁夏山区小麦单产气候产量与相对应气候要素的小波周期进行对比分析。

对比图 3、图 7 可以看出,宁夏中部干旱带小麦气候产量与 5 月份降水量距平具有相同的 4 年左右、8 年左右和 16 年左右的周期振荡,且振荡周期具有同位相关系。对小麦单产气候产量和 5 月份降

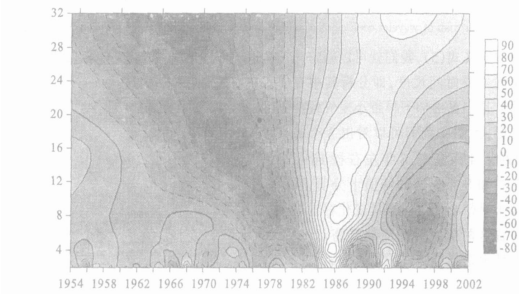


图 8 中部干旱带 5 月份降水量距平小波方差

Fig. 8 Variance of wavelet of precipitation departure in May in the middle arid region of Ningxia

图 9 和图 10 分别为对宁夏南部山区 5 月降水量距平时间序列作墨西哥帽小波变换得到的小波系数实部等值线图和南部山区 5 月份降水量距平的小波方差图。可以看出,南部山区 5 月份降水量存在着 4 年左右、8 年左右、16 年左右和 32 年左右 4 个

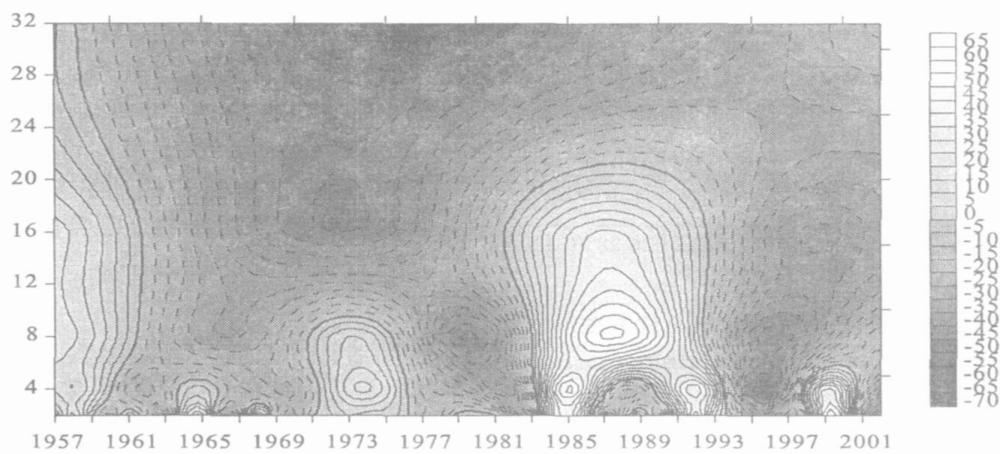


图 9 南部山区 5 月份降水量距平小波系数等值线图

Fig. 9 Contour map of wavelet coefficient of precipitation departure in May in the south mountain region of Ningxia

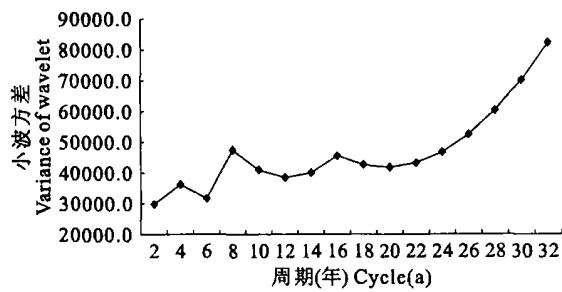


图 10 南部山区 5 月份降水量距平小波方差

Fig. 10 Variance of wavelet of precipitation departure in May in the south mountain region of Ningxia

水量距平的小波系数进行对应线性相关分析,得到 4 年周期相关系数为 $R_4=0.35$, 8 年周期相关系数为 $R_8=0.29$, 16 年周期相关系数为 $R_{16}=0.48$, 均达到显著水平。可见,中部干旱带小麦气候产量的波动对 5 月份降水量的波动有直接的响应关系,5

月份降水量偏多的年份,小麦单产增加,降水量偏少的年份,小麦单产减少。

从图 5 与图 9 的对比中可以看出,宁夏南部山区小麦单产气候产量与 5 月份降水量具有相同的 4 年左右和 8 年左右的周期振荡,且振荡同期具有同位相关系。4 年和 8 年周期小波系数的相关系数分别为 $R_4=0.51$, $R_8=0.24$, 4 年周期振荡的相关系数达到显著水平。从图 5 与图 11 的对比中可以看出,宁夏南部山区小麦单产气候产量与 5 月份平均气温距平具有相同的 8 年左右的周期振荡,振荡周期为反位相关系。小波系数的相关系数 $R_8=-0.55$, 达到极显著水平。可见,宁夏南部山区小麦气候产量的波动对 5 月份降水量及平均气温的波动有直接的响应关系,5 月份降水量偏多的年份,小麦单产增加,降水量偏少的年份,小麦单产减少。5 月份平均气温偏高时小麦单产减少,气温偏低时单产增加。

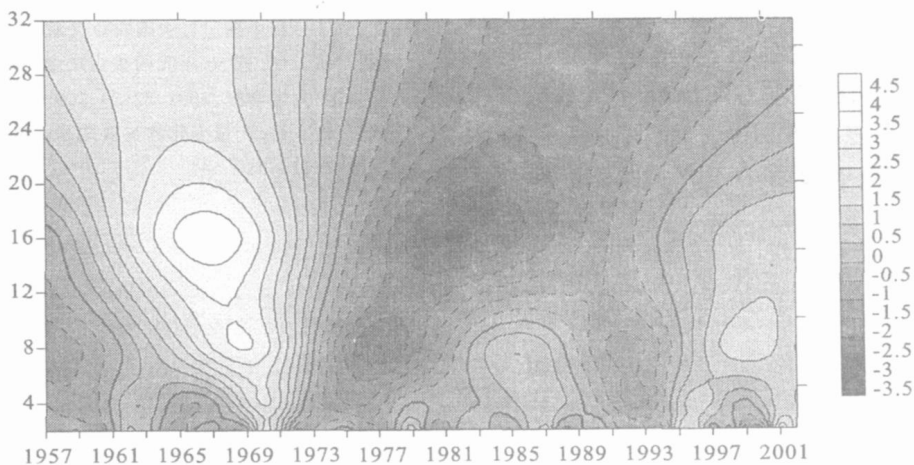


图 11 南部山区 5 月份平均气温距平小波系数等值线图

Fig. 11 Contour map of wavelet coefficient of mean temperature departure in May in the south mountain region of Ningxia

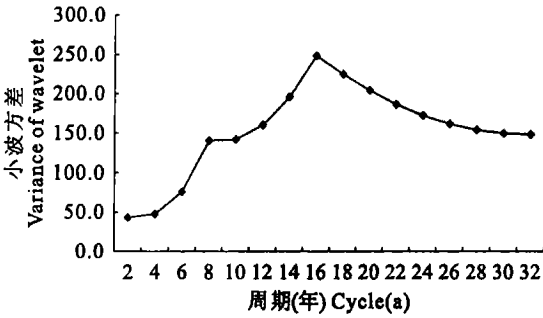


图 12 南部山区 5 月份平均气温距平小波方差
Fig. 12 Variance of wavelet of mean temperature departure
in May in the south mountain region of Ningxia

4 结 论

本文对宁夏中部干旱带和南部山区小麦单产及气候条件进行了小波周期分析,并分析了小麦产量与气候要素的关系,得到以下结论:

1) 1954~2002 年,宁夏中部干旱带小麦单产在波动中增长,气候产量具有 4 年左右、8 年左右和 16 年左右的周期振荡,且以 8 年左右的周期最为显著。中部干旱带 5 月份降水量有 4 年左右、8 年左右、16 年左右和 32 年左右 4 个时间尺度的振荡周期,以 8 年左右、16 年左右和 32 年左右的周期性振荡最强。

2) 中部干旱带小麦单产气候产量与 5 月份降水量具有显著的正相关关系,4 年和 8 年的小波周期振荡具有同位相关系。

3) 1957~2002 年,宁夏南部山区小麦单产在波动中稳步增长,气候产量有 4 年左右和 8 年左右的周期振荡,以 4 年左右的周期性振荡最强。南部山区 5 月份降水量有 4 年左右、8 年左右、16 年左右和 32 年左右 4 个时间尺度的振荡周期,以 8 年左右、16 年左右和 32 年左右的周期性振荡最强;5 月份平均气温存在着 8 年左右和 16 年左右 2 个时间尺度的振荡周期,以 16 年左右的周期性振荡最强。

4) 南部山区小麦单产气候产量与 5 月份降水量和平均气温分别具有显著的正相关关系和负相关

关系。小麦单产与 5 月份降水量 4 年和 8 年的小波周期振荡具有同位相,与 5 月份平均气温 8 年的小波周期振荡具有反相关系。

5) 由以上的结论可进一步明确得知,气候变化对宁夏南部山区及宁夏中部干旱带小麦产量具有明显的影响。因此,积极研究应对气候变化的措施,科学调整作物种植结构,是当前乃至今后亟待研究解决的重要科学问题之一。

参 考 文 献:

[1] 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,2005,23(2):202—208.

[2] 陈晓光,苏占胜,郑广芬,等.宁夏气候变化的事实分析[J].干旱区资源与环境,2005,19(6):85—90.

[3] 赵燕宁,时兴合,秦宁生,等.青海南部地区 40 多年来气候变化的特征分析[J].中国沙漠,2005,25(4):529—534.

[4] 李栋梁,吕兰芝.中国农牧交错带的气候特征与演变[J].中国沙漠,2002,22(5):483—488.

[5] 张 宇.近 40 年来我国粮食产量变化特征初步分析[J].中国农业气象,1995,(3):1—4.

[6] 王馥棠,李青竹,王石立.农业产量气象模拟与模型[M].北京:科学出版社,1990.

[7] 许月卿,李双成,蔡运龙.基于小波分析的河北平原降水变化规律研究[J].中国科学(D 辑地球科学),2004,34(12):1176—1183.

[8] 匡 正,季仲贞,林一骅.华北降水时间序列资料的小波分析[J].气候与环境研究,2000,5(3):312—317.

[9] 邓自旺,尤卫红,林振山.小波变换在全球气候多时间尺度变换分析中的应用[J].南京气象学院学报,1997,20(4):505—510.

[10] 刘会玉,林振山,张明阳.近 50 年江苏省粮食产量变化的小波分析[J].长江流域资源与环境,2004,13(5):460—464.

[11] 刘会玉,张明阳,林振山.建国以来江苏省粮食产量变化的多时间尺度分析[J].资源科学,2004,11(1):107—112.

[12] 尹 东,柯晓新,费晓铃.甘肃省夏粮气候产量变化特征的因子分析[J].中国农业气象,2000,21(3):11—14.

[13] 藏占仙.近 50 年我国粮食产量变化的数学分析[J].内蒙古农业大学学报,2001,22(3):109—113.

[14] 柏 建.产量变化的主要成份分析[J].中国农业气象,2001,22(1):51—54.

Variations and responses of wheat yield to climatic
change in the mountain area of Ningxia

SU Zhan-sheng^{1,2}, CHEN Xiao-guang¹, HUANG Feng³, SHANG Yong-sheng¹

(1. Ningxia Key Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Reducing, Yinchuan, Ningxia 750002, China;

2. Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan, Ningxia 750002, China;

3. Shizuishan Meteorological Bureau of Ningxia, shizuishan, Ningxia 753000, China)

Abstract: Using Mexican Hat Wavelet, wheat climate yields and climatic factors in the middle arid region and in the south mountain region of Ningxia were analyzed. The wave periods of wheat climate yields and climatic factors were separated and picked up. Correlation of wheat climate yields with climatic factors was also analyzed. The results showed that, from 1954 to 2002, yield of wheat was increased with fluctuation in the middle arid region. There was a positive correlation between the climate yield and precipitation in May. Wheat climate yield had wave periods of about 4-year, about 8-year and about 16-year. The wave period of about 8-year was the most notable. Precipitation in May had 4 wave periods of about 4-year, about 8-year, about 16-year and about 32-year. Wave periods of about 8-year, about 16-year and about 32-year were more notable. The wheat climate yield had the same phase with precipitation in May in the 8-year period clearly. From 1957 to 2002, yield of wheat was increased with fluctuation in the south mountain region. There was a positive correlation between the climate yield and precipitation and a negative correlation between the climate yield and mean temperature in May. Wheat climate yield had wave periods of about 4-year and about 8-year. And the wave period of about 4-year was the most notable. Precipitation in May had 4 wave periods of about 4-year, about 8-year, about 16-year and about 32-year. The wave periods of about 8-year, about 16-year and about 32-year were more notable. Mean temperature in May had 2 wave periods of about 8-year and about 16-year. The wave period of about 16-year was the best notable. The wheat climate yield had the same phase with precipitation in May in 8-year period and 16-year period clearly, and had the adverse phase with mean temperature in May in 8-year period. The influence of climate change on wheat yield in the middle arid region and in the mountain region of Ningxia was obvious. Studying measures of answering climate change and scientifically adjusting planting structure of crops is one of the scientific problems to be urgently solved now and in the future.

Keywords: wheat yield; climatic change; variation; respense; mountain region of Ningxia