

甘肃省粮油产量对气候变暖的敏感性研究

王毅荣^{1,2}

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;
2. 兰州区域气候中心, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 为揭示甘肃各地粮食和油料作物产量对大尺度气温变化响应的程度, 利用 1981~2000 年甘肃省各地小麦、玉米、马铃薯、糜子、谷子等粮食作物和胡麻、油菜等油料作物产量和相应 4~10 月的气温数据, 采用 EOF 分析方法, 研究了甘肃粮油产量对气候变化的敏感性。结果表明: 小麦、玉米、胡麻产量对气候变化比较敏感, 敏感区主要在河西地区, 黄土高原地区对气候变化的敏感性不强; 糜子、马铃薯、油菜在大部分地方不敏感, 谷子基本不敏感。提出了农业产业结构调整的一些建议。

关键词: 作物产量; 区域变化; 大尺度气温变化; 敏感性; 产业结构调整; 甘肃
中图分类号: S162.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0202-06

自 20 世纪 80 年代以来, 不断有研究结果表明全球年平均地表温度持续上升, 引起全球气候变化, 全球变暖已成为一个不争的事实。过去 100 a 来, 全球平均温度已升高 0.6~0.7℃, 人们对未来气候变化将造成的不良后果十分关心, 许多国家都对此做了认真研究^[1~3], 以便及时采取对策, 对农业作出相应调整。全球气候变化^[4]将对农业产生重大影响, 其中对一些区域的影响是不利的, 尤其是那些适应、调整能力差, 生产异常脆弱的地区。全球变化区域响应的敏感性是指一个系统对气候变化因素的响应程度, 其响应可以是不利的, 也可以是有利的, 产生作用的方式可以是直接的, 也可以是间接的^[5]。叶笃正等^[6]研究发现在全球气候变化下近 50 a 来中国气候带存在北移、播种期提前和作物生长期延长等现象。秦大河^[7]认为农业可能是对气候变化反应最为敏感的产业之一, 气候变化将使我国未来农业面临生产的不稳定性增加、产量波动大, 农业的生产布局和结构将出现变动, 农业生产条件改变, 农业成本和投资大幅度增加等突出问题。金之庆等^[8~9]评价和模拟研究了气候变化对东北等地粮食作物的影响。龚道溢^[10]研究了植被对气候变化的敏感性。

未来气候变化影响研究是在大气中 CO₂ 浓度加倍, 或气温、降水变化的情景下, 进行未来农业、林业、水资源、生态环境以及海平面上升等方面的潜在影响研究, 其中有模型研究、实验室研究、宏观研究和适应对策研究等^[11]。甘肃省是农业省份, 地处内

陆, 是气候变化脆弱地区, 对气候变化比较敏感。因此, 本文研究了甘肃主要粮食作物(小麦、玉米、马铃薯、糜子、谷子)和油料作物(胡麻、油菜)对局地气候和大尺度气候(气温)变化的敏感问题。依此提出适应性作物布局建议。

1 研究方法

主要利用 1981~2000 年 20 a 甘肃全省种植区小麦 78 个县区单产量、玉米 68 个县区单产量、马铃薯 70 个县区单产量、糜子 48 个县区单产量、谷子 47 个县区单产量、胡麻 71 个县区单产量、油菜 64 个县区单产量和生长期(4~10 月)气温资料。用 EOF^[12,13](经验正交函数)分解提取产量场主要信息。在 EOF 分解中使用资料均标准化处理。

2 作物产量变化的区域特征

影响作物产量的因素众多, 但影响大面积产量变化的主要因素是气候。通过对 1981~2000 年产量做 EOF 分解, EOF 第一空间型(EOF1)反映作物产量场主要变化特征, 概括出产量变化的主要特征。各作物 EOF1 对总方差的解释率见表 1, 表 1 反映出全区一致性程度马铃薯最高, 胡麻、玉米、小麦次之, 糜子、谷子最低。

图 1 给出各作物 EOF1 空间分布。图中每个格点的值是该格点上的产量序列与该空间型的时间系数序列的相关系数; 由于资料已经标准化处理, 每个格点上的方差为 1, 格点上值的平方是该空间型对

这个格点产量序列的方差贡献率。同时图中大值区,是振幅最大的地区,表明这些地方产量变幅最大。

分析图 1 可以看到各作物产量变化的空间特征。

表 1 作物 EOF1 方差贡献(%)
Table 1 Variances of the first loading vector from EOF for different crops

小麦 Wheat	玉米 Corn	马铃薯 Potato	糜子 Panic	谷子 Millet	胡麻 Flax	油菜 Rape
42.38	45.49	62.07	28.37	27.08	46.44	40.41

2.1 小麦

小麦(图 1a)的 EOF1 解释了总方差的 42.38%,表示的局地方差约 2/3 地方在 36%以上,部分地方在 80%以上。大值区在酒泉、武威等地,黄土高原(陇中盆地、陇东高原)地区数值较小。黄土高原地区产量序列与该空间型的时间系数序列的相关不显著,其余各地呈显著相关。小麦 EOF2 空间型解释了总方差的 29.34%,解释了黄土高原区域 36%以上的方差,该区域内小麦产量序列与时间系数之间相关显著。可见,甘肃小麦产量年际变化区域可以分成 2 个次区域,即黄土高原地区及以外地区。黄土高原中部产量年际变幅最小,河西的酒泉、武威的一些地方变幅最大。

2.2 玉米

玉米(图 1b)的 EOF1 解释了总方差的 45.49%,表示了约 7/10 种植区 36%以上局地方差,部分地方达 80%以上。陇中盆地和陇南山区地区数值较小,黄土高原地区产量序列与该空间型的时间系数序列的相关不显著;其余地方数值较大,尤其在酒泉西部、陇东高原东部和甘南高原西部值最大,各地呈现显著相关。玉米 EOF2 空间型解释了总方差的 21.89%,解释了陇中盆地和陇南山区 36%以上的局地方差,该区域内产量序列与时间系数之间相关显著。可见,甘肃玉米产量年际变化区域也主要存在 2 个次区域,即陇中盆地和陇南山区地区及以外地区。陇中盆地和陇南山区地区产量年际变幅最小,河西的酒泉西部、陇东高原东部和甘南高原西部变幅最大。

2.3 马铃薯

马铃薯(图 1c)的 EOF1 解释了总方差的 67.02%,表示出了种植区约 4/5 的地方 36%以上局地方差,个别地方方差在 80%以上。陇中盆地和陇南山区地区的部分数值较小,产量序列与该空间型的时间系数序列的相关不显著,产量年际变幅小;其余地方数值较大,产量序列与该空间型相关显著,产量年际变幅大。马铃薯 EOF2 空间型解释了总方差的 15.55%,但产量序列与时间系数之间相关不

显著。可见,EOF1 概括了甘肃马铃薯产量年际变化特征,全区一致是产量变化的根本特点。

2.4 糜子

糜子(图 1d)的 EOF1 解释了总方差的 46.44%,表示出约 1/2 种植区 36%以上局地方差,小部分地方在 80%以上。河西走廊东部和陇东高原数值较大,产量序列与该空间型的时间系数序列的相关显著(图中阴影区),产量年际变幅大;其余地方数值较小,产量序列与该空间型相关不显著,产量年际变化小。糜子 EOF2 空间型解释了总方差的 17.67%,解释了陇东南局地 36%以上局地方差,糜子 EOF3 空间型解释了总方差的 7.45%,揭示了河西西部 36%以上局地方差。可见,甘肃糜子产量空间演变特征可以划分为 3 个次区域,即产量变幅较大的河西走廊东部和陇东高原区域、相对稳定低产的陇东南地区、相对稳定高产的河西走廊西部区。

2.5 谷子

谷子(图 1e)的 EOF1 解释了总方差的 27.08%,表示出约 1/2 种植区 36%以上局地方差。河西走廊西部的部分地方和陇南山区的部分地方数值较大,产量序列与该空间型的时间系数序列的相关显著,产量年际变幅较大;其余地方数值较小,产量年际变幅较小。谷子 EOF2 空间型解释了总方差的 19.41%,解释了河西走廊东部、陇东高原局地 36%以上局地方差,谷子 EOF3 空间型解释了总方差的 6.32%,解释了陇中盆地 36%以上局地方差。由此可见,甘肃谷子产量空间演变存在以上 3 个次区域。

2.6 胡麻

胡麻(图 1f)的 EOF1 解释了总方差的 27.08%,表示出约 4/5 种植区 36%以上局地方差。河西走廊西部和陇中盆地数值较大,产量序列与该空间型的时间系数序列的相关显著,产量年际变幅较大;其余地方数值较小,产量年际变幅较小。胡麻 EOF2 空间型解释了总方差的 13.02%,解释了陇东南 36%以上局地方差。由此可见,甘肃胡麻产量区域特点是河西走廊区域是稳定高产区,酒泉西北部高

产却不稳定, 陇东高原是不稳定低产区, 陇东南稳定

低产。

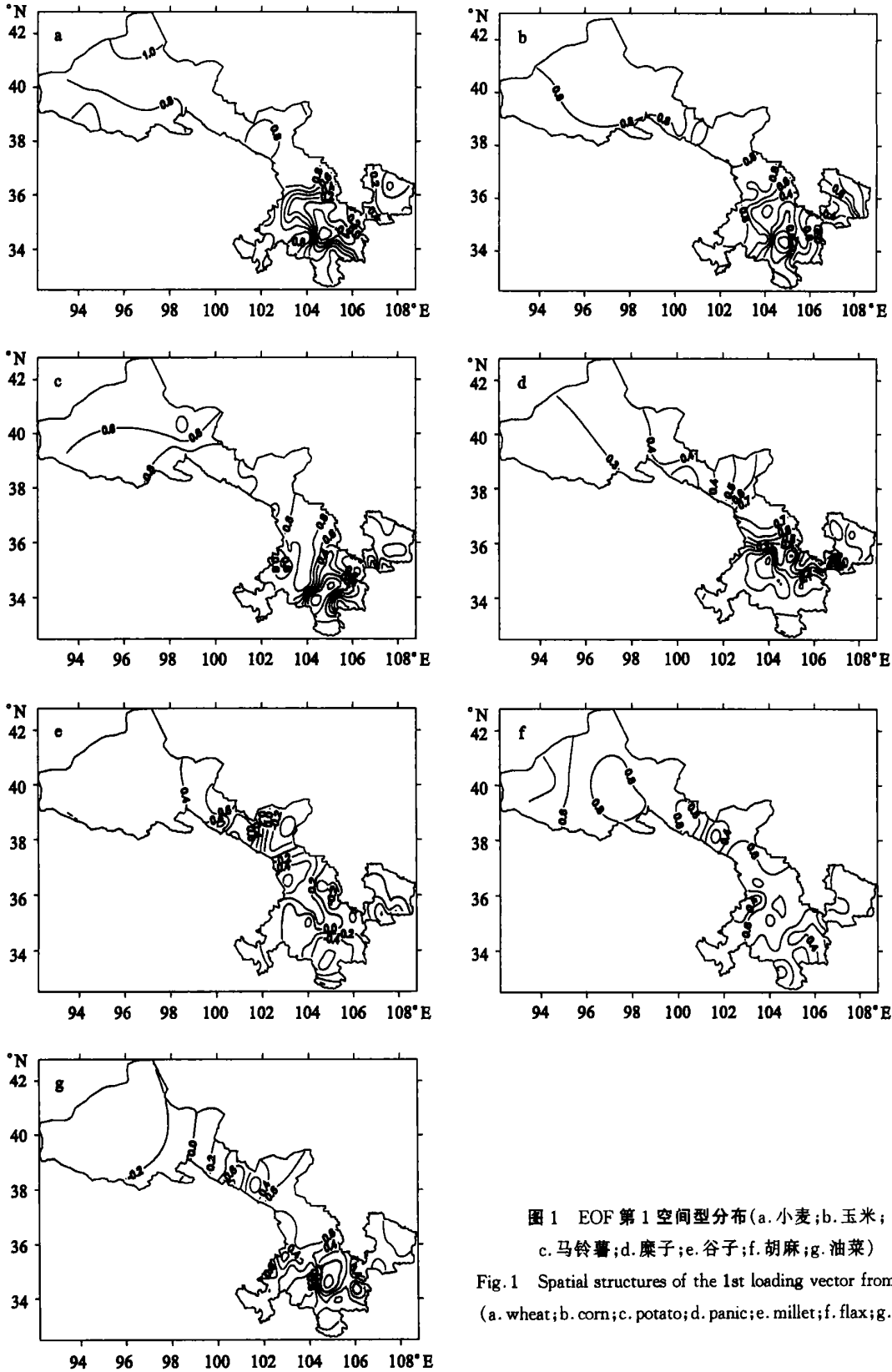


图 1 EOF 第 1 空间型分布(a. 小麦;b. 玉米;
c. 马铃薯;d. 糜子;e. 谷子;f. 胡麻;g. 油菜)
Fig. 1 Spatial structures of the 1st loading vector from EOF
(a. wheat;b. corn;c. potato;d. panic;e. millet;f. flax;g. rape)

2.7 油菜

油菜 (图 1g) 的 EOF1 解释了总方差的 40.41%, 表示出约 2/3 种植区 36% 以上局地方差。河西走廊西部、陇中盆地和陇南山区等地数值小, 产

量年际变幅较小; 其余地方数值较大, 产量序列与该空间型的时间系数序列的相关显著, 产量年际变幅较大。油菜 EOF2 空间型解释了总方差的 14.36%, 解释了陇中盆地和陇南 36% 以上局地方差。由此

可见,甘肃油菜产量是河西走廊西部稳定高产区,陇中盆地和陇南山区稳定低产,河西走廊东部不稳定高产区,陇东高原是不稳定低产区。

3 作物产量对气候变化的敏感性

对同期 4~10 月平均气温进行 EOF 分解。EOF1 方差贡献为 88.34%,提取 EOF1 时间系数,计算其与各地作物产量之间相关系数,图 2 给出相关系数空间分布。分析图 2 可以看到各种作物产量对气温变化的敏感程度。

3.1 小麦

小麦产量与气温的相关分布(图 2a)特征是河西走廊中部和黄土高原地区相关不显著,表明这些地方对大尺度气候(气温)的变化不太敏感;其余各地相关显著,对气候变化具有敏感性,尤其是在河西走廊东部地方最为敏感。

3.2 玉米

玉米产量与气温的相关分布(图 2b)是在陇中、陇南地区相关不显著,表明这些地方对气候的变化不太敏感;其余各地相关显著,对气候变化具有敏感性;河西走廊西部相关系数高于其他地方,说明河西走廊西部对气候变化的敏感程度高于其他地方。

3.3 马铃薯

马铃薯(图 2c)在黄土高原的大部分地方、河西走廊中部部分地方、甘南高原部分地方相关系数低,呈现不相关,这些地方对气候变化不敏感;其余各地相关显著,对气候变化敏感。

3.4 糜子

糜子(图 2d)在河西走廊的东、西两端相关显著,对气候变化敏感;其余各地表现出对气候变化的不敏感。看到近 2/3 的区域是属于不敏感地区,整体上气候变化对糜子产量影响较小。

3.5 谷子

谷子(图 2e)只有在河西走廊西部存在一些零星地方,对气候变化敏感;其余各地表现出对气候变化不敏感。近 9/10 的区域是属于不敏感地区,整体上大尺度气候变化对糜子产量影响很小。

3.6 胡麻

胡麻(图 2f)相关系数分布类似小麦,在河西走廊中部和黄土高原地区相关不显著,对气候变化不

敏感,不敏感区域少于小麦;其余各地相关显著,对气候变化具有敏感性。

3.7 油菜

油菜(图 2g)在河西走廊东部、陇东高原、甘南高原等地相关显著,对气候变化敏感;其余各地相关不显著,对气候变化不敏感。

4 产业结构调整

从生态环境变化影响的角度,对于西北地区产业结构调整提出了一些观点^[14]。未来西北气候倾向变暖、变湿存在很大的不确定性^[15~18],相应的粮油种植结构需要应对气候变化(变暖)的调整。

从以上对作物和地域对气候变化敏感性分析中,反映出大尺度气候变化(变暖)对甘肃黄土高原区域影响较小,应对全球气候变暖,在该区域内目前来看不是主要矛盾;而黄土高原的干旱和水土流失是制约当地农业发展的根本问题,对于甘肃黄土高原部分地方作物种植比例的调整已有研究^[19];培育和发展耐旱作物,扩大糜子、谷子和马铃薯等相对气候不敏感作物的种植面积,对小麦、玉米和胡麻等气候敏感性作物种植应紧密结合当地气候预测指导进行,尽量避免单一耕作;黄土高原春季多发干旱,往往使夏粮作物无法播种,如果未来气候由暖干向暖湿转型,这些地方可以以种植秋粮和冬小麦为主。在河西走廊中部对于玉米相对敏感,而对其他作物敏感性较低;如果这些地方考虑应对大尺度气候变化,重点在于玉米作物。在河西走廊西部油菜敏感性相对较低,而其他作物敏感性较高,大力发展油菜可能是比较适宜的;在河西走廊东部谷子敏感性相对较低,而其他作物敏感性较高,发展谷子可能是一项有效的战略思路。

在具体生产实践中存在着丰富的地域特色。以上是仅仅是从气候变化敏感性一个角度思考,具有一定的片面性。

5 结论和讨论

1) 小麦、玉米、胡麻年际变幅较大,马铃薯、油菜次之,谷子、糜子变幅最小。就地域而言,河西走廊东部、陇东高原地区作物产量变幅最大,其余地方较小。

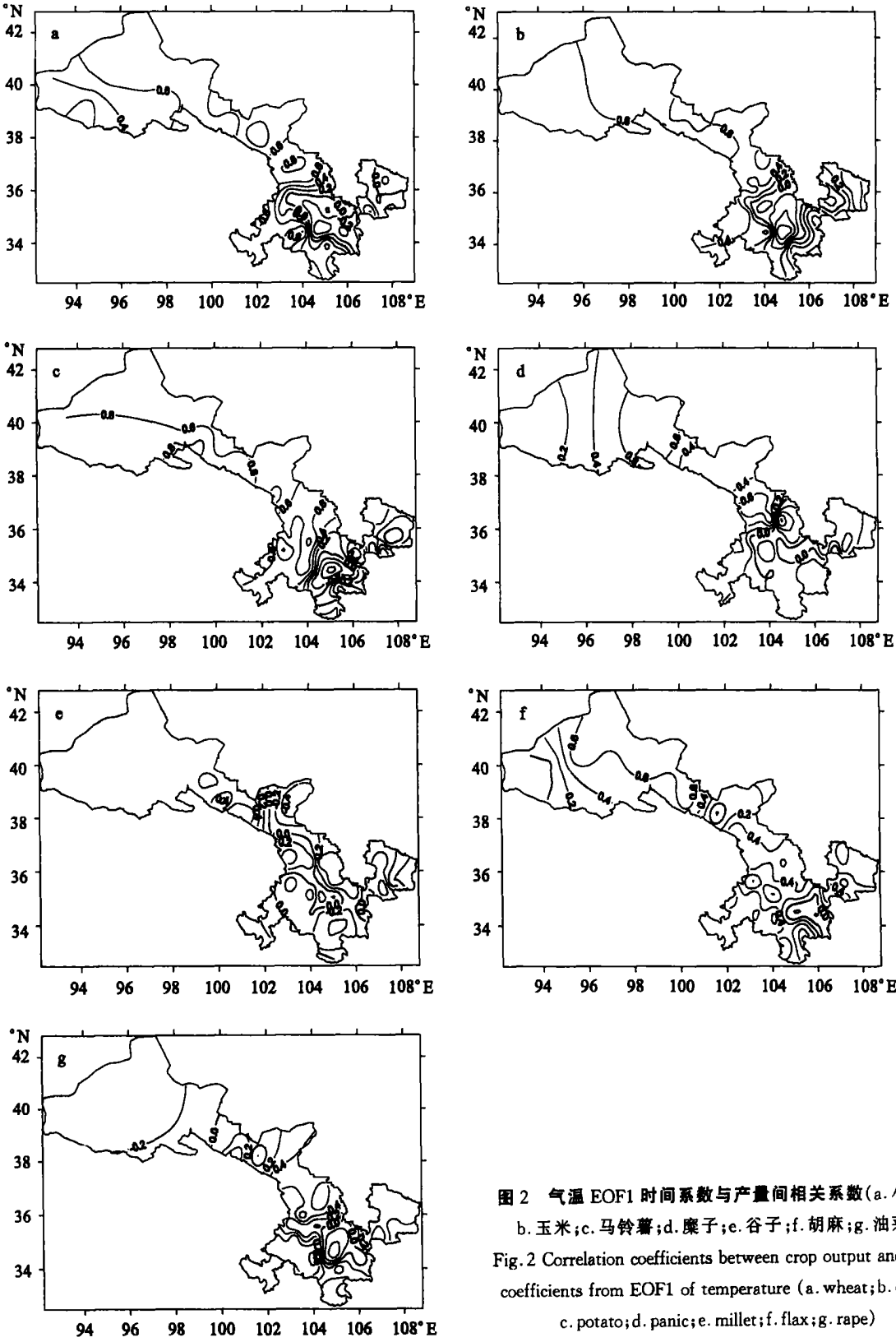


图 2 气温 EOF1 时间系数与产量间相关系数(a. 小麦；
b. 玉米;c. 马铃薯;d. 糜子;e. 谷子;f. 胡麻;g. 油菜)
Fig. 2 Correlation coefficients between crop output and time
coefficients from EOF1 of temperature (a. wheat;
c. potato;d. panic;e. millet;f. flax;g. rape)

2) 不同作物对气候变化敏感程度存在较大差异;谷子基本上对大尺度气候变化不敏感,糜子次之;小麦、玉米、胡麻敏感区域面积大,马铃薯、油菜次之。敏感的地域差别也较大,黄土高原地区基本是气候变化的不敏感地区,河西走廊中部敏感性相

对较低。
3) 从对作物和地域对气候变化敏感性分析中,反映出大尺度气候变化对甘肃黄土高原区域影响较小,培育和发展耐旱作物,扩大糜子、谷子和马铃薯等相对气候不敏感作物的种植面积,以秋粮和冬小

麦为主。在河西走廊中部对于玉米相对敏感,而对其他作物敏感性较低。在河西走廊西部油菜敏感性相对较低,发展油菜是比较适宜的。在河西走廊东部谷子敏感性相对较低,发展谷子比较适宜。其他一些社会、经济因素如政策、投入等也会影响作物产量,以上是仅仅从对气候变化敏感性一个角度分析思考。

参 考 文 献:

[1] Houghton J H, Ding Y, Griggs D J, et al. The scientific basis, contribution of working group I to the third assessment report of the inter government panel on climate change[R]. IPCC. Climate Change 2001, Cambridge, United Kingdom:Cambridge University Press, 2001, 769.

[2] Mccarth J J, Canziani O F, Leary N A, et al. Impacts, adaptation and vulnerability, contribution of working group II to the third assessment report of the inter government panel on climate change[R]. IPCC. Climate Change 2001, Cambridge, United Kingdom:Cambridge University Press, 2001. 1032.

[3] 林 海. 中国全球变化研究的回顾与展望[J]. 地学前缘, 2002, 9(1): 19—25.

[4] IPCC Working Group I. Scientific assessment of climate change [R]. Cambridge:Cambridge Publishing House, 1992. 58~125.

[5] 符淙斌,董文杰,温 刚,等. 全球变化的区域响应和适应[J]. 气象学报, 2003, 61(2): 245—249.

[6] YE Duzheng, JIANG Yundi, DONG Wenjie. The northward shift of climatic belts in China during the last 50 years and the corresponding seasonal responses[J]. Advances in Atmospheric Sci-

ences, 2003, 20(6): 959—967.

[7] 秦大河. 气候变化的事实与影响及对策[J]. 中国科学基金, 2003, 17(1): 1—3.

[8] 金之庆,葛道阔,石春林,等. 东北平原适应全球气候变化的若干粮食生产对策的模拟研究[J]. 作物学报, 2002, 28(1): 24—31.

[9] 金之庆,葛道阔,郑喜莲,等. 评价全球气候变化对我国玉米生产的可能影响[J]. 作物学报, 1996, 22(5): 513—524.

[10] 龚道溢. 近 20 a 亚欧大陆植被指数(NDVI)对大尺度气候变化的敏感性[J]. 植物学报, 2004, 46(2): 186—193.

[11] 田广生. 中国气候变化影响研究概况[J]. 环境科学研究, 2000, 13(1): 36—39.

[12] 丁裕国. EOF 在大气科学研究中的新进展[J]. 气象科技, 1993, (3): 10—19.

[13] 王毅荣. 中国黄土高原干旱对全球气候变化的响应[J/OL]. 西北大学学报(自然科学网络版), 2004, 2(8): 90.

[14] 钱 鞠,王根绪,马金辉,等. 西北干旱生态环境建设支撑体系的构建[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 102—107.

[15] 施雅风. 西北气候由暖干向暖湿转型问题评估[M]. 北京:气象出版社, 2003. 1—124.

[16] 李栋梁,魏丽,蔡 英,等. 中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 135—142.

[17] 徐 影,丁一汇,赵宗慈. 人类活动引起的我国西北地区 21 世纪温度和降水变化情景分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(3): 324—330.

[18] 汤懋苍,柳艳香,冯 松. 一个新的千年暖期可能已经开始[J]. 高原气象, 2002, 21(2): 128—131.

[19] 杨小利,尹 东,李晓娟,等. 平凉市农作物种植结构最优优化方案研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 65—68.

Sensitivity of crop output to large-scale temperature changes in Gansu Province

WANG Yi-rong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The sensitivity of output index of different crops (wheat, corn, potato, panic, millet, flax, rape) to the large-scale climate variations was investigated by using the crop production data and the meteorological data of growing seasons (Apr. to Oct.) during the period of 1980~2000. The results show that the output of wheat, corn and flax was much sensitive to climate changes, and the sensitive area was mainly in Hexi region, but the Loess Plateau region was less sensitive; the output of panic, potato and rape was not sensitive in most regions; and the output of millet was generally not sensitive. Moreover, some suggestions for the adjustment of agro-industrial structure in Gansu Province were proposed.

Keywords: crop output; regional change; large-scale temperature change; sensitivity; adjustment of agro-industrial structure; Gansu