

天水冬小麦气候条件与生产潜力开发程度变化动态

胡利平^{1,2}, 张华兰², 王润元¹, 陈俊², 安晶³

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所/中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省天水农业气象试验站, 甘肃 天水 741020 3. 甘肃省天水市气象局, 甘肃 天水 741018)

摘 要: 对天水的渭北、河谷和关山区农业自然条件光温水进行了分析, 并通过冬小麦实际和试验产量资料, 对天水三个气候区冬小麦生产潜力开发程度、适宜开发程度和可开发程度进行了计算, 分析了它们的年际变化规律。结果表明, 天水地区和各气候分区年平均气温在 20 世纪的 90 年代初开始出现剧烈的增暖, 增暖后时段(1991~2006 年)的平均值比增暖前(1969~1990 年)均高 0.8℃~0.9℃; 降水量的减少主要发生在 20 世纪 90 年代, 其中, 渭北区减少幅度较大; 冬小麦在渭北区、河谷区和关山区生产潜力适宜开发程度和可开发程度都较高, 排序为渭北区>河谷区>关山区, 长远看还有很大的潜力可以挖掘, 以渭北、河谷区域表现突出; 天水及各气候区潜力开发程度、潜力适宜开发程度和潜力可开发程度的年际变化具有明显的区域差异, 其大多数距平年际变化幅度, 分别在 -10%~10%、-15%~15%、-3%~3% 之间波动; 气候条件的变化对冬小麦生产潜力开发程度、适宜开发程度和可开发程度的年际变化影响十分明显, 降水量的不足仍是限制冬小麦潜力适度开发的主要因子; 提出了区域生产潜力适度开发对策措施。

关键词: 冬小麦; 气候条件; 生产潜力; 开发程度; 变化动态

中图分类号: S162.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0267-06

粮食是我国长期紧缺的战略物质, 粮食产量必须保持持续增长, 才能保持社会的稳定, 随着我国人口的不断增长, 粮食供需矛盾仍然突出^[1]。天水是一个典型的农林牧交错复合区, 辖 5 县两区, 在甘肃省东南部, 介于东经 104°35′~106°44′, 北纬 34°05′~35°10′ 之间, 总土地面积 14 325 km²。气候分区为河谷区(麦积、秦州两区)、渭北区(甘谷、武山、秦安三县)、关山区(清水、张家川两县), 总人口 345.64 万, 农业人口 267.89 万, 人口密度 229 人/km², 是甘肃人口密度最大的地区^[2], 处于我国气候变化的敏感区和生态环境的脆弱区。主要气象要素, 光、温、水具有明显的地域性, 农作物种类和种植方式复杂多样, 有喜温、喜凉和越冬作物; 有雨养农业、半旱作半灌溉农业。农业生产以粮食为主, 粮食生产以小麦为主, 其种植比例一直是最高, 占粮食作物的 52%^[3]。由于光、热、水气候资源是作物生长发育必需的物质和能量来源^[4~6], 因此, 为了说明气候资源条件对农作物生产力的影响, 选用天水农村统计年鉴及五县(甘谷、武山、秦安、清水、张川)两区(麦积、秦城)7 个农业局提供和调研订正的 1969~2006 年各县(区)的冬小麦实际和试验产量资料, 对三个气候区的生产潜力开发程度、生产潜力适宜开发程度和生产潜力可开发程度进行计算。从现有生产力水

平与生产潜力的对比中发现挖潜的可能与幅度, 找出主要的气候限制因子, 掌握气候变暖及其对农业可能带来的有利和不利影响及其可能的影响程度^[7~9], 更好地认识气候变化对天水冬小麦生长的影响。以往关于冬小麦生产潜力开发程度变化研究并不多见。本文拟从气候条件的变化对冬小麦生产潜力开发程度、适宜开发程度和可开发程度的年际变化影响进行研究, 以便正确把握气候变化对冬小麦生产潜力的影响规律, 形成比较系统、完整的科学认识。为冬小麦安全生产、趋利避害, 挖掘气候生产潜力, 提高冬小麦产量提供参考。

1 冬小麦生产的气候条件变化动态

1.1 气温的变化趋势

天水地区和各气候分区(渭北区、河谷区、关山区)的年平均气温分别为 9.9℃、11.1℃、10.3℃、8.2℃, 温度高低为渭北区>河谷区>关山区, 其中, 渭北、河谷区比全市平均值高 1.2℃、0.4℃, 关山区低于全市 1.7℃。其距平变化总的趋势是上升的(图 1), 其中, 20 世纪 90 年代前以负距平为主, 90 年代后上升趋势显著加强并以正距平为主, 也就是说 90 年代后气温明显变暖, 1969~1990 年天水地区和各气候分区气温距平的平均值均为 -0.3℃, 变暖后

1991~2006 年天水地区和各气候分区气温距平的平均值为 0.5℃~0.6℃。使用 u 检验对两时段的气温距平平均值的显著性差异进行检验, 由计算可知, 天水地区和各气候分区两时段的 $|u|$ 值均在 8.1

以上 $> u_{0.01} = 2.98$, 差异极显著。因此说天水地区和各气候分区年平均气温是在 20 世纪 90 年代初开始出现剧烈的增暖, 增暖后时段的距平平均值比增暖前均高 0.8℃~0.9℃。

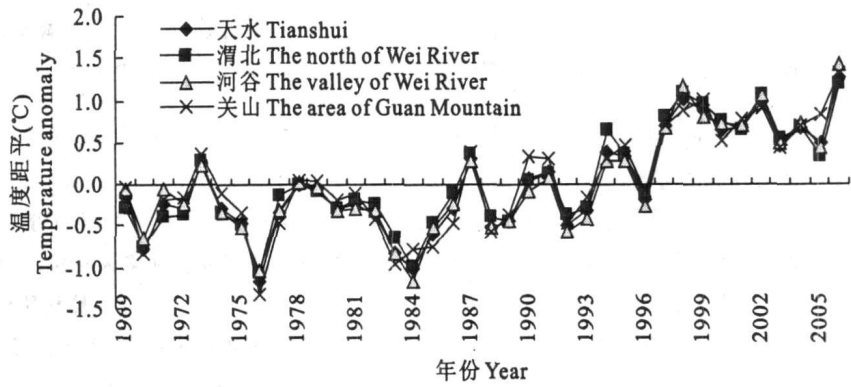


图 1 天水地区及气候分区温度距平年际变化

Fig. 1 Annual change curve of temperature anomaly in different climate zones and in Tianshui

1.2 降水的变化趋势

天水地区和各气候分区(渭北区、河谷区、关山区)的年降水量分别为 499.8、445.5、500.3、553.6 mm, 降水大小为关山区>河谷区>渭北区, 其中, 渭北比全市平均值低 10.9%、河谷基本与全市持平, 关山比全市高 10.8%。从图 2 可以看出, 若不考虑 1982、1986 年这两个极端年份, 天水地区和各气候分区 70~80 年代降水趋势基本是上升的, 以正距平为主; 90 年代下降趋势显著, 以负距平为主; 21 世纪初后又显示出明显上升趋势, 以正距平为主。1969~

1990 年天水地区 and 气候分区河谷、渭北、关山地区降水距平百分率的平均值分别为 4.0%、5.3%、3.2%、3.6%, 1991~2006 年分别为 -5.5%、-7.3%、-4.4%、-4.9%, $|u|$ 值均在 3.3 以上 $> u_{0.01} = 2.98$, 有极显著差异。其中, 1991~1999 年分别为 -12.4%、-15.5%、-12.1%、-10.3%, 较 70~80 年代分别减少 -16.4%、-20.8%、-15.3%、-13.9%。因此, 天水地区 and 气候分区年降水的减少主要发生在 90 年代, 其中, 渭北区减少幅度较大。

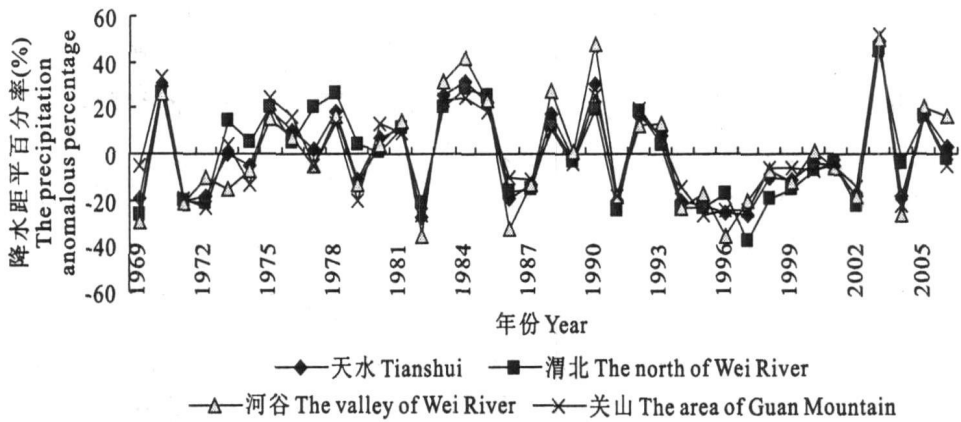


图 2 天水地区及气候分区降水距平百分率年际变化

Fig. 2 Annual change curve of precipitation anomalous percentage in different climate zones and in Tianshui

1.3 日照的变化趋势

天水地区和各气候分区(渭北区、河谷区、关山区)的年日照时数分别为 2 064.1、2 133.0、1 992.0、2 070.6 h, 高低排序为渭北区>关山区>河谷区, 其中, 渭北比全市高 68.9 h, 河谷比全市低 72.1 h, 关山区略高于全市。从图 3 可以看出, 天水地区和各

气候分区 90 年代前日照变化趋势基本是下降的, 且 70 年代末前以正距平为主, 之后以负距平为主; 90 年代后变化趋势是上升的, 且以正距平为主。1969~1990 年天水地区 and 气候分区河谷、渭北、关山地区日照距平的平均值分别为 -5.5、-1.8、-1.7、-19.4 h, 1991~2006 年分别为 7.8、2.5、2.4、27.9

h, 关山区上升幅度相对较大。

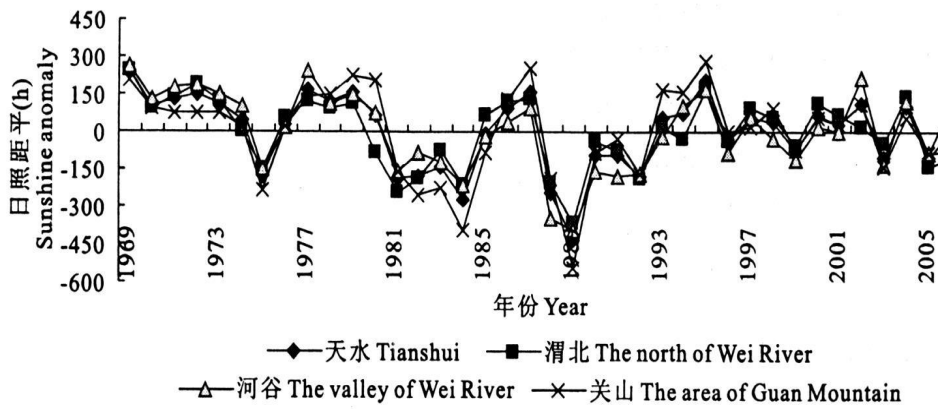


图 3 天水地区及气候分区日照距平年际变化

Fig. 3 Annual change curve of sunshine anomaly in different climate zones and in Tianshui

2 冬小麦生产潜力开发程度

2.1 生产潜力开发程度(MKD)

通过 1969~2006 年的天水农村统计年鉴冬小麦产量资料及五县(甘谷、武山、秦安、清水、张川)两区(麦积、秦城)7 个农业局提供的田间定位试验、高产地块调查及产量潜力估算公式等多角度的测算研究发现,天水冬小麦生产仍有着较大的潜力(表 1)。由表 1 可知,以理论生产力为目标,渭北、河谷区有 2 倍的生产潜力,关山有 1.5 倍的生产潜力可挖掘。我们把现实生产力(G)与理论生产力(Y_Q)的比值称现实最大生产潜力开发程度^[10,11],它是指在气候、土壤、作物条件及投入水平和技术进步下可能实现

的最大生产力,用(MKD)表示

即:
$$MKD = G/Y_Q \times 100\% \tag{1}$$

式中, G 为 1969~2006 年的冬小麦平均单产, Y_Q 为以 1969~2006 年的平均单产,计算的生产潜力,从上式看出,潜力开发程度越小,实际生产效率越低,反之,愈高。从表 1 可见,目前天水冬小麦生产潜力开发程度仍较偏低,现实生产力产量只有理论生产潜力的 49.9%~60.0%,因此,长远看仍有较大的生产潜力亟待开发。不同气候类型区域的生产潜力开发程度存在较大差异。MKD 值按区域类型排序为关山区>河谷区>渭北区,各区生产潜力开发程度的提高成为当前农业生产亟待解决的问题。

表 1 不同气候类型区冬小麦气候生产潜力及潜力开发程度(1969~2006 年)

Table 1 The level of potential development and potential productivity of winter wheat in different kind of climate area

项目 Items	渭北区 The north of Wei River				河谷区 The valley of Wei River			关山区 The area of Guan Mountain			总平均 Mean
	秦安 Qin'an	甘谷 Gangu	武山 Wushan	平均 Mean	麦积 Maiji	秦洲 Qinzhou	平均 Mean	清水 Qingshui	张川 Zhangchuan	平均 Mean	
$Y_Q(\text{kg}/\text{hm}^2)$	3449.6	3740.1	3539.9	3544.8	3434.0	3490.5	3462.3	2422.5	2835.3	2628.9	3122.1
$Y_W(\text{kg}/\text{hm}^2)$	2561.2	2764.3	2554.9	2610.4	2603.8	2736.1	2670.0	1957.7	2169.3	2063.5	2416.3
$G(\text{kg}/\text{hm}^2)$	1721.9	1850.9	1773.1	1782.0	1830.2	1887.0	1858.6	1450.1	1706.0	1578.1	1739.6
SKD(%)	74.2	73.9	72.2	73.6	75.8	78.4	77.1	78.5	76.5	78.7	77.5
MKD(%)	49.9	49.5	50.1	49.9	53.3	54.1	53.7	59.9	60.2	60.0	55.9
KKD(%)	24.3	24.4	22.1	23.8	22.5	24.3	23.4	18.6	16.3	18.7	21.7

2.2 生产潜力适宜开发程度(SKD)

生产潜力适宜开发程度是指在当地特定的自然环境和生态条件下,通过农业技术的提高以及人们的主观努力在一段时期内可以实现的潜力开发程度,它既要保证粮食的不断增长,满足人们的需要,又要保证农林经济可持续发展以及生态环境的良性

循环。可用此潜力开发程度,作为天水冬小麦潜力适宜开发程度,SKD 用生产潜力试验值(Y_W)与理论值(Y_Q)的比值来表示

即:
$$SKD = Y_W/Y_Q \times 100\% \tag{2}$$

式中, Y_W 为试验生产力, Y_Q 与(1)式相同。从表 1 可见,天水气候生产潜力适宜开发程度为 73.6%~78.7%,差异不是很大。按区域类型排序为关山区

＞河谷区＞渭北区,与 MKD 值分布一致。

2.3 生产潜力可开发程度(KKD)

生产潜力可开发程度是指在水旱种植区通过技术和物质投入,加强栽培管理,在今后一段时期内可以实现的潜力开发程度,用潜力适宜开发程度与潜力目前开发程度之差来表示,即, $KKD = SKD - MKD$ 。气候生产潜力可开发程度愈大,可实现的生产效率愈高,反之,则愈低。从表 1 看出,天水各气候分区气候生产潜力可开发程度为18.7%~23.8%之间,按区域分布为渭北区＞河谷区＞关山区。上述分析表明,天水各地潜力的适宜开发程度和可开发程度较高,但当前气候生产潜力开发程度偏低,增产潜力较大,增产重点应放在土地面积较大、光温资源丰富,但水资源缺乏、生产潜力开发程度偏低的渭北、河谷区域。

3 冬小麦生产潜力开发程度变化

3.1 生产潜力开发程度年际变化对比

从天水冬小麦潜力开发程度距平曲线(图 4)可见,全市及各气候区冬小麦潜力开发程度变化具有

明显的区域差异和同一的变化趋势,距平变化幅度多在-10%~10%之间波动,1969 年~70 年代中期潜力开发程度变化幅度较大,趋势以上升为主,且多为正距平,说明气候产生的正负效应^[12~15]均较明显;70 年代中期至 80 年代末为上升趋势,以负距平为主,距平变化幅度相对稳定,此段气候开发潜力虽逐步升高,气候产生的负效应逐步减小,但实际生产效率仍较低;之后冬小麦潜力开发程度呈明显下降趋势,负距平居多,气候的正效应逐步减弱;21 世纪初又呈明显上升趋势,正距平居多,气候的正效应应进一步加强。

3.2 生产潜力适宜开发程度年际变化对比

全市及各气候区冬小麦生产潜力适宜开发程度与生产潜力开发程度年际变化有着相似的一致性,只是距平变化的波动幅度大于生产潜力开发程度(图 5),多在一15%~15%之间波动。说明气候的变化对冬小麦实际生产力水平和试验生产力水平趋势上一致,由于试验管理上的差别,使得试验生产力水平不同,从而导致生产潜力适宜开发程度变化幅度不同。

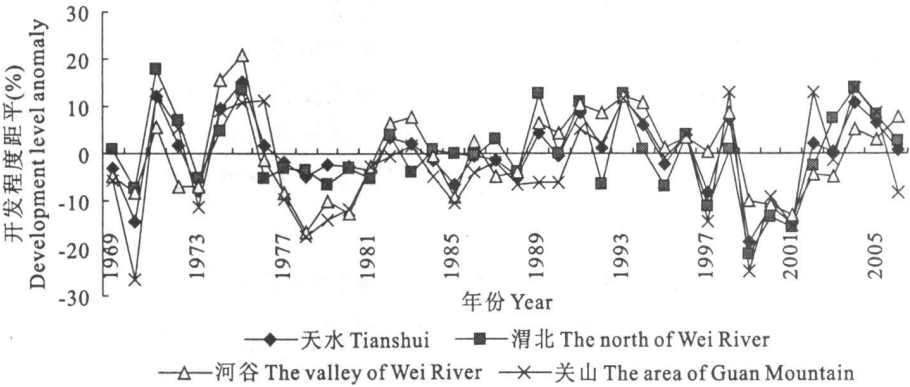


图 4 天水冬小麦生产潜力开发程度距平年际变化

Fig.4 Annual change curve of development level anomaly of potential productivity of winter wheat in Tianshui

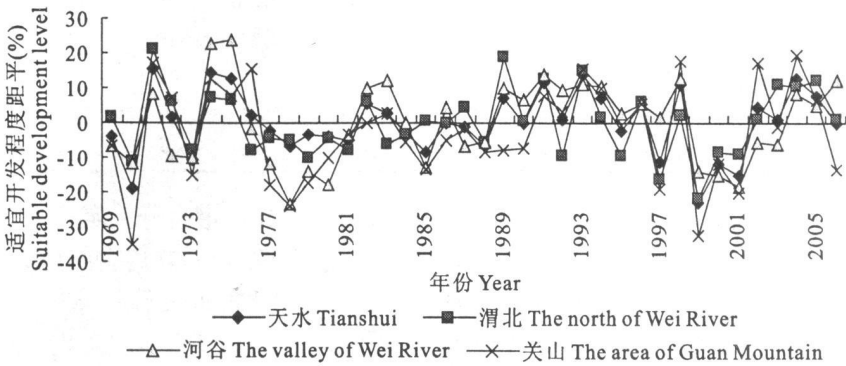


图 5 天水冬小麦生产潜力适宜开发程度距平年际变化

Fig.5 Annual change curve of suitable development level anomaly of potential productivity of winter wheat in Tianshui

3.3 生产潜力可开发程度年际变化对比

从图 6 可见,全市及各气候区冬小麦潜力可开发程度变化虽与冬小麦潜力开发程度、潜力适宜开发程度趋势一致,但距平变化幅度明显趋缓,多在一3%~3%之间波动,说明全市及各气候区冬小麦潜力可开发程度一直是较高的。从图 1、图 2、图 3 与图 4、图 5、图 6 对比中发现,全市及各气候区冬小麦潜力开发程度、适宜开发程度、可开发程度的变化与温度、降水、日照的变化密切相关,这些趋势性变化可使冬小麦潜力开发程度、适宜开发程度、可开发程度发生变动。通过对比图 1 和图 4、图 5、图 6 可以看出,冬小麦潜力的开发、适宜开发和可开发程度的变化与气候的变暖,温度的升高关系密切,90 年

代温度上升明显,冬小麦潜力开发、适宜开发和可开发程度却下降显著,也就是温度上升或降低到一定程度,对冬小麦的潜力的开发将产生负效应;对比图 2 和图 4、图 5、图 6 可以看出,冬小麦潜力的开发、适宜开发和可开发程度的变化与降水的变化非常相似,这说明降水量的变化对其影响是主要的,因此水分因子仍十分关键。从图 2 和图 4、图 5、图 6 对比中,可以看出,冬小麦潜力的开发、适宜开发和可开发程度的变化与日照的变化具有明显反相关,这说明日照的变化对其反向影响是主要的,上述说明气候的变化对冬小麦生产潜力开发影响是十分显著的。

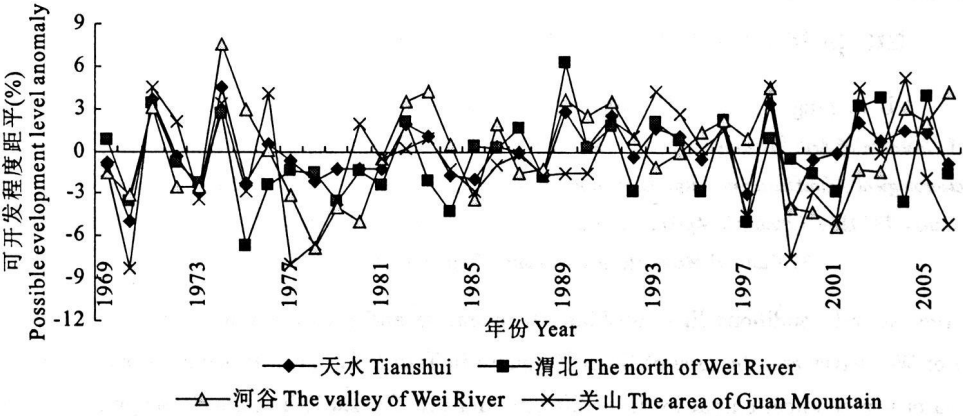


图 6 天水冬小麦生产潜力可开发程度距平年际变化

Fig. 6 Annual change curve of possible development level anomaly of potential productivity of winter wheat in Tianshui

4 结论与讨论

1) 通过冬小麦生产潜力开发程度的分析表明,目前天水及各气候分区冬小麦生产潜力开发程度仍较偏低,不同气候类型区域的生产潜力开发程度存在较大差异,MKD 值按区域类型排序为关山区>河谷区>渭北区。因此,同样的措施常常在生产潜力开发程度低的地区具有较大的增产效果,河谷、渭北区是最有利于创造冬小麦高产的地区。应按照自然资源分异规律调整优化冬小麦种植业结构,将其安排在最适宜的种植区,以最大限度的发挥农业资源潜力。同时,建立一种能适应各种气候类型的、立足于抗旱减灾、趋利避害,发挥地区资源优势的稳定性及抗逆应变型种植制度。

2) 气候的变化对冬小麦生产潜力开发程度的影响是十分显著的,干旱缺水仍是制约冬小麦生产潜力得以充分挖掘的重要限制因素,然而自然降水的大量流失和无效蒸发是造成旱地冬小麦产量低而不稳的根本原因,尤以渭北区表现突出。对此要

大力修建基本农田,发展水利以改善投能环境,对坡度小于 25°的坡耕地改造成梯田,以此增加有效土壤水分含量。选择和推广耐旱与丰产性能较好的早肥型优良品种,强化对土壤水分的吸收,使潜在的可能利用的水分转化为经济产物。

3) 从生产潜力开发程度来看,冬小麦的增产潜力还没有发挥出来,应进一步采取措施提高其产量。进行中低产田改造,主攻单产,是提高冬小麦生产潜力开发程度的另一途径。中低产田改造的重点是大搞农田基本建设,推广农田防护、间作套种等各种农业综合增产技术。对坡耕地粮田,应采用沟垅种植,水平沟种植,抗旱丰产沟种植,进行少耕免耕,轮作倒茬,使坡耕地生产力提高到中产水平。增加农田投入水平,提高农田养分的利用效率。

参考文献:

[1] 周长进,关志华.柴达木盆地农业生产条件及潜力分析[J].资源科学,2000,22(5):32-36.

[2] 胡利平,王润元,张华兰,等.天水地区农业生态气候资源量化

与评价[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 16—19.

[3] 胡利平, 许彦平, 秘晓东, 等. 天水种植业结构优化配置研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(4): 143—148.

[4] 张谋草. 气候变暖对陇东塬区冬小麦生长发育及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5): 232—235.

[5] 丁一汇, 石广玉. 中国的气候变化与气候影响研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997.

[6] 刘德祥, 董安祥, 邓振镛. 中国西北地区气候变暖对农业生产的影响[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 119—125.

[7] 秦大河, 陈振林, 罗 勇, 等. 气候变化科学的最新认知[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(2): 63—73.

[8] 刘春蓁. 气候变化影响与适应研究中的若干问题[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(2): 129—134.

[9] 王馥棠, 刘文泉. 黄土高原农业生产气候脆弱性的初步研究[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(1): 91—100.

[10] 冷石林. 北方旱农地区自然降水生产潜力的适度开发对策[J]. 农业气象, 1997, (6): 30—33.

[11] 胡利平, 许彦平. 天水旱作区自然降水生产潜力的适度开发对策[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(6): 17—21.

[12] 王毅荣, 王润元, 邓振镛. 黄土高原气候生产力演变特征[J]. 中国农业气象, 2006, 27(2): 70—75.

[13] 黄秉维. 现代自然地理[M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[14] 潘玉茹, 高素华, 郭建平. 我国近 40 年降水的变化对气候生产力的影响[J]. 生态农业研究, 1994, 2(1): 31—36.

[15] 魏瑞江, 张文宗, 康西言, 等. 河北省冬小麦气候适宜度动态模型的建立及应用[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 5—9.

Climatic condition and change dynamic of development level of the potential productivity of winter wheat in Tianshui

HU Li-ping^{1,2}, ZHANG Hua-lan², WANG Run-yuan¹, CHEN Jun³, AN Jing³

(1. Institute of Arid Meteorology, Open Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster, China Meteorological Administration, Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730020, China; 2. Agrometeorological Experiment Station of Tianshui, Tianshui, Gansu 741020, China; 3. Tianshui Meteorological Bureau, Tianshui, Gansu 741018, China)

Abstract: The natural conditions like sunshine, temperature and precipitation were analyzed in the north of Wei River, the valley of Wei River and the area of Guan Mountain in Tianshui, Gansu Province, based on actual, experimental and statistical data of winter wheat output in three different areas in Tianshui, and the development level of potential productivity and the moderate development were calculated and their annual changes were analyzed. The results show that annual average temperature began dramatic warming in the early 1990's in three different areas of Tianshui, after warming the mean value of temperature in 1991~2006 is 0.8℃~0.9℃ higher than that in 1969~1990; the precipitation reduction mainly occurs in the 1990s, and, the north of Wei River reduction breadth is big; the level of moderate development is high, sequencing as the north of Wei River > the valley of Wei River > the area of Guan Mountain, still having great potential for long-term development, especially in the north of Wei River and the valley of Wei River; the annual change of the development degree of potential productivity and the moderate development degree and possible development degree has obvious difference in each region, its annual of anomaly change breadth is fluctuated in -10%~10%, -15%~15% and -3%~3%; changes of climatic conditions are very clear to the annual change of the development level of potential productivity and the moderate development, the main factor limiting moderate development of potential of winter wheat was the deficiency of precipitation. Countermeasures are put forward for moderate development of potential productivity in different areas of Tianshui.

Keywords: winter wheat; climatic condition; potential productivity; development level; change