

渭北旱塬区气温变化与冬小麦物候的响应

程国锋, 窦 慎, 许 玮

(咸阳市气象局, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 通过对渭北旱塬区永寿、凤翔、蒲城、旬邑 4 个农业气象试验站 1971 年到 2010 年冬小麦观测数据以及 30 个县市区同期气象资料同步观测分析, 得出渭北旱塬区气候近 40 年来增温明显, 且以冬季和春季增温最为显著。受气候变化影响, 本区域冬小麦播种期、越冬期推迟, 返青期、拔节期、抽穗期、成熟期等发育期普遍提前, 以返青期提前最为显著, 相关性分析显示, 除了冬前生长期, 冬小麦越冬期以及春季各发育期间隔和发育期平均气温相关显著, 而且春季的相关性明显比冬季显著, 但表现在发育期间隔方面, 却是冬小麦越冬期呈显著缩短趋势, 而返青后各发育期间隔没有明显变化。结论认为: 气候变暖一方面有利于越冬农作物安全越冬, 减少冻害对农业生产的影响, 而且温度升高, 也增加了农业生产积温, 使农作物可生长期延长, 有利于提高复种指数; 另一方面, 由于旱塬区春季气温变率较大, 发育期提前将导致作物受冻害的气候风险增大, 尤其果树开花期遭受冻害, 将对产量构成严重威胁。冬季气温持续上升, 将导致冬小麦条锈病孢子和林果病虫害等安全越冬, 对病虫害防治工作带来很大难度。因此, 气候变暖对旱塬农业生产将产生深刻的影响, 应引起高度关注。

关键词: 全球变暖; 物候期; 渭北旱塬; 生态响应

中图分类号: S162.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)05-0112-04

Response of temperature change with winter wheat phenology in weibei dry plateau areas

CHENG Guo-feng, DOU Shen, XU Wei

(Meteorological Bureau of Xianyang City, Xianyang, Shaanxi 711200, China)

Abstract: Through the observation and analysis for the measured data of winter wheat in four agro-meteorological experiment stations as Yongshou, Fengxiang, Pucheng and Xunyi in the weibei dry plateau areas from 1971 to 2010 and the meteorological data in 30 Counties and City's Districts in corresponding periods, have obtained that: In recent 40 years, the temperature evidently increased in these areas, especially the temperature increase in Winter and Spring season, were the most remarkable. Affected by climate change, the sowing time and wintering period of the winter wheat was delayed, but the turning green period, jointing stage, heading stage and the maturation period total were advanced. Among them, the turning green stage was the most distinct. Shown by the correlation analysis, except the growth stage before winter, the Wintering period as well as the Spring season, each interval with the average temperature in growth period has close relationship. Furthermore, the relationship in Spring was more obvious than in Winter. But expressed in the growth period interval, the wintering period of winter wheat was obviously decreased. While after turning green period the growth stage interval has no any obvious change. It can be concluded that: The climate warming will be useful the wintering crop to safe in Winter season, also reduce the impact of freeze injury to the agricultural production. Further more the temperature increase will be added the accumulated temperature for the agricultural production, it will be lengthened the crop growth period and useful to increase the multiple crop index. In other hand, because variety rate of temperature in Spring season will be rather big in dry plateau area, so advancing growth stage will cause the increase for the crop freeze risk, especially if the flower stage of the fruit trees suffer the freeze injury, will be cause serious threat for the yield. If the temperature in Winter season continue to increase, will cause the winter wheat stripe rust spore and fruit diseases and pests, to bring big difficulty for the prevention and control of pests and diseases. Therefore, the climate warming will be produced deep influence for the agricultural production in dry plateau, so should be caused high attention.

Keywords: global warming; phenological phase; Weibei dry plateau area; ecological response

全球气候变化及其不利影响是人类共同关心的问题,特别是气候变暖对农业生产的影响方面,中外学者在这一领域进行了大量的研究工作,取得了不少的成果^[1-4]。这些研究主要从气候变暖对农业种植结构的调整、作物布局和产量构成等方面进行了研究,然而很少研究随气候变化农作物生产对其的响应问题。渭北旱塬区是关中商品粮基地的重要区域,本区域粮食生产事关国家粮食安全。本文拟通过对本区域小麦生产的变化特点、本区域粮食生产对气温变化的响应研究分析,最大程度地为开发利用气候资料,确保粮食气候产量稳定增长以及小麦生产区域调整、种植区划提供依据。

1 数据观测和研究方法

陕西渭北旱塬区地处陕北丘陵沟壑区的南部,关中平原的北部,海拔 600 ~ 1 300 m,在黄土高原中,属地势较平坦的部分。该区包括宝鸡市的宝鸡、凤翔、陇县、千阳、麟游等 5 县,咸阳市的长武、彬县、永寿、旬邑、淳化等 5 县全部以及三原、礼泉、乾县、泾阳、秦都 5 县区的部分区域,渭南市的富平、蒲城、澄城、合阳、白水、韩城等 6 县,延安市的黄龙、洛川、富县、宜川、黄陵等 5 县,以及铜川市全部(4 县区)共 30 个县(市)。本区小麦产量占陕西省小麦总产的 70%左右,在全省粮食生产中占核心地位^[5]。

本文通过对本区域内具有代表性的凤翔、永寿、旬邑、蒲城 4 个农业气象试验站 1971 年到 2010 年冬小麦观测数据以及 30 个县市区同期气象资料的收集,从发育期变化特点分析小麦生产对气候变化的响应。

2 结果分析

2.1 气温变化的特征

本辖区各区域中心 1971—2010 年 40 年资料分析显示,本区域 40 年年平均气温升高 1.2℃,近 40 年来平均增温幅度达 0.37℃·10a⁻¹(图 1),远高于

全国平均增温幅度,印证了西北地区东部是气候变暖的主要地区之一的重要结论^[6-8]。

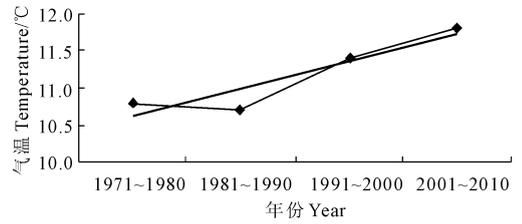


图 1 年平均气温变化曲线

Fig.1 Change curve of yearly average temperature

2.1.1 年代间气温变化特征 表 1 反映 20 世纪 70 年代、80 年代、90 年代和 21 世纪以来本区域中心四站各年代年、各年代开始,年代间年平均气温持续上升,上升幅度最大的是 80 年代到 90 年代,上升幅度达 0.7℃·10a⁻¹。

2.1.2 各季间气温变化特征 表 1 表明,秋季三月各月平均气温持续上升,季平均气温变化趋同于年代间变化,80 年代到 90 年代上升趋势明显,但却以 90 年代到本世纪前 10 年间上升最快,上升幅度达 0.3℃·10a⁻¹。

冬季三月季平均气温与年代间气温变化一致,80 年代到 90 年代上升趋势明显,上升幅度达到 0.6℃·10a⁻¹;本区域冬季变暖和全球以及区域的变暖特征一致^[9]。

春季三月季平均气温变化与年际间变化略有差异,表现为前三十年变化较为暖和,到本世纪 10 年间突然增幅剧烈,上升幅度达到 1.1℃·10a⁻¹。

初夏 6 月气温增温更加显著,变化趋势与秋季相同,但增幅更大,以 90 年代到本世纪前 10 年间上升最快,上升幅度达 1.0℃·10a⁻¹。

2.1.3 各月气温变化 表 1 表明:各月间气温除 10 月较为稳定外,其余总体以增温趋势为主,但增幅各月差异明显,9、11、2、4、6 月增幅剧烈,其中 2 月增幅达 2.1℃,80 年代到 90 年代增幅 1.4℃·10a⁻¹;90 年代到本世纪前 10 年增幅 0.7℃·10a⁻¹。

表 1 渭北旱塬区各年代月平均气温表/0.1℃

Table 1 Monthly Average Temperature in Weibei Plateau Areas in Each Decade

年代 Decade	月份 Month										全年 Total
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
1971—1980	166.3	114.5	47.1	-11.7	-28.0	-3.9	52.8	119.3	165.2	218.9	108
1981—1990	168.4	111.9	44.4	-8.5	-23.1	-3.4	47.0	116.2	171.0	210.2	107
1991—2000	175.5	110.2	47.6	0.3	-22.3	11.7	55.2	125.8	175.6	218.0	114
2001—2011	172.4	117.2	53.7	-7.1	-19.5	18.8	74.7	132.3	18.0	228.7	118
1971—2011	170.3	113.6	48.6	-6.9	-24.1	6.0	57.2	123.9	173.4	219.2	110

3 气候变化的小麦生态响应

1971 年到 2011 年冬小麦观测数据表明,冬小麦播种期、越冬期推迟,返青期、拔节期、抽穗期、成熟期等发育期普遍提前(图 2),以拔节期提前最为显著,线性趋势达到 $0.512 \text{ d}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

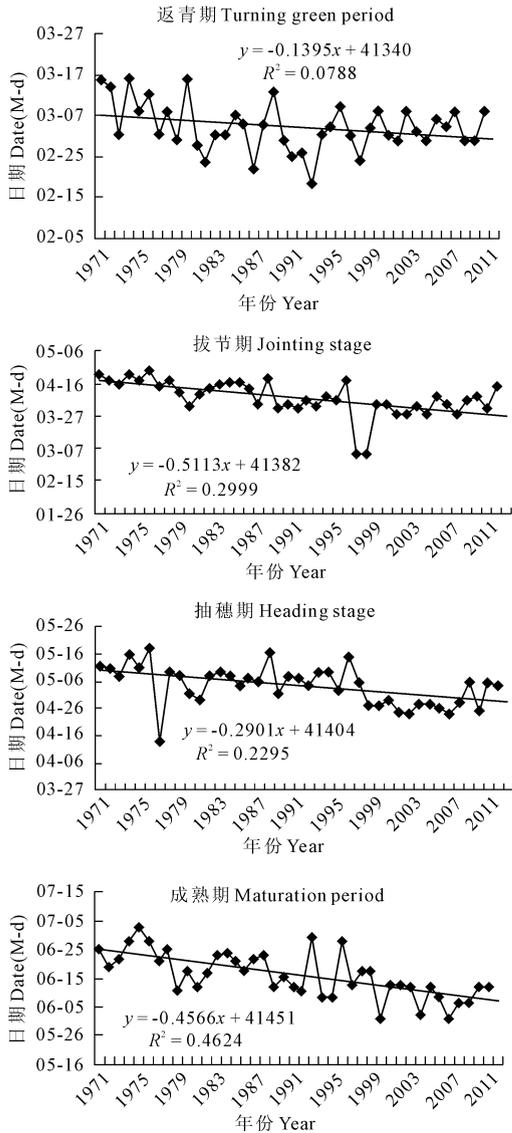


图 2 冬小麦营养生长阶段和生殖生长阶段发育期变化趋势

Fig.2 Change trend in vegetative growth stage and reproductive growth stage of winter wheat

相关性分析显示,除了冬前生长期外,冬小麦越冬期以及春季各发育期间隔和发育期平均气温相关显著,而且春季的相关性明显比冬季显著(表 2),但表现在发育期间隔方面,却是冬小麦越冬期呈显著缩短趋势,而返青后各发育期间隔没有明显变化。这是由于在现有气候变化范围内,冬小麦越冬期对日数并无固定要求,冬季温度升高可显著缩短休眠期长度。但返青后各发育阶段却对积温有比较稳定的要求,由于冬春各月都变暖了,各发育期整体提

前,因此,只要冬小麦品种、冬性不变,返青后各发育期间隔日数便不会有明显变化,温度升高对冬小麦春季生长期生态效应主要体现在各发育期普遍提前。

为了进一步揭示温度变化对冬小麦物候期方面的影响,选择冬小麦冬前生长期、越冬期、返青期-拔节期、拔节期-抽穗期、抽穗期-成熟期等各发育期间隔日数与发育期间隔期降水量、平均气温、 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温、5cm地积温、10cm地积温等要素进行相关分析(表 2),结果显示,冬前生长期长短和 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温、5cm地积温、10cm地积温正相关显著;越冬期长短和越冬期降水量呈正相关,和越冬期平均气温、 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温、5cm地积温、10cm地积温呈负相关;返青期-拔节期间隔日数和其间平均气温负相关系数高达 0.8,和其它要素没有明显相关性;拔节期~抽穗期、抽穗期~成熟期间隔日数和期间平均气温呈显著负相关,和期间降水量、 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温、5cm地积温、10cm地积温呈显著正相关。

表 2 不但反映了渭北旱塬区冬小麦不同生长期各气象要素的作用,生物学意义比较明显,而且反映出热量条件对该地区冬小麦发育期间隔日数的主导作用。拔节期-成熟期充足降水量将会使冬小麦贪青生长,导致生育期延长,其它生长发育期间隔日数主要取决于温度条件,气温高,发育进程快,间隔日数缩短。而发育期间积温大小不但取决于发育期温度,更主要的是取决于发育期间隔日数,间隔日数越长,积温越大。

4 结论与讨论

政府间气候变化专门委员会(IPCC)2001年的第三次评估报告指出,20世纪全球地表平均气温升高了 $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$,中国的气候变化以西北、华北和东北地区最为明显,其中西北地区东部是气候变暖的主要地区之一^[7-8]。本地区气温的变化也是这一论证的直接反映。

渭北旱塬区为大陆半湿润性气候向半干旱气候过渡区域,过渡性气候特征明显,本区域年平均气温上升幅度以 20 世纪 80 年代到 90 年代升温幅度较大,80 年代以来冬季气温持续上升,21 世纪以来春季气温持续上升,2000 年以来夏季和秋季气温比较稳定,月平均气温上升幅度较大的有 9、11、2、4、6 月,气候变暖使旱塬区主要农作物——冬小麦的越冬期出现缩短趋势,冬小麦春季各发育期普遍提前,但是气候变暖对冬小麦春季发育期间隔没有明显影响。气候变暖一方面有利于越冬农作物安全越冬,减少冻害对农业生产的影响,而且温度升高,也增加了农业生产积温,使农作物可生长期延长,有利于提

表 2 冬小麦各发育期间隔日数与各气候要素的相关关系

Table 2 Correlation of interval days in each developing stage with each climate factor of winter wheat

发育阶段 Growth stage	冬前生长期 Before winter	越冬期 Wintering period	返青~拔节期 Turning green~ jointing stage	拔节~抽穗期 Jointing~ heading stage	抽穗~成熟期 Heading~ maturation period
降水量 Precipitation	0.062	0.411*	-0.075	0.588**	0.643**
平均气温 Average temperature	0.002	-0.388*	-0.8**	-0.662**	-0.633**
≥0℃ 积温 Acuity 0℃ accumulated temperature	0.771*	-0.382	0.135	0.87**	0.889
5 cm 地积温 5 cm to accumulated temperature	0.721*	-0.432	0.396	0.85**	0.723**
10 cm 地积温 10 cm to accumulated temperature	0.71**	0.582	0.321	0.889**	0.843**

注 Note: ** $P < 0.001$; * $P < 0.1$.

高复种指数;另一方面,由于旱塬区春季气温变率较大,发育期提前将导致作物受冻害的气候风险增大,尤其果树开花期遭受冻害^[10],将对产量构成严重威胁。冬季气温持续上升,将导致冬小麦条锈病孢子和林果病虫害等安全越冬,对病虫害防治工作带来很大难度。因此,气候变暖对旱塬农业生产将产生深刻的影响,相关部门必须做好相应的管理对策,趋利避害,合理调整种植结构,使当地农业经济快速发展。

参 考 文 献:

[1] 叶笃正,符淙斌,董文杰.全球变化科学进展与未来趋势[J].地球科学进展,2002,(4):467-469.
 [2] 陈宜瑜.中国全球变化的研究方向[J].地球科学进展,1999,(4):319-323.
 [3] 丁一汇,王守荣.中国西北地区气候与生态环境概论[M].北

京:气象出版社,2001.
 [4] 卢宗凡.中国黄土高原生态农业[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.
 [5] 陕西省统计局:《陕西统计年鉴》.陕西省主要粮食大县情况统计(2000—2005)[M].北京:中国统计出版社,2006.
 [6] 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响应[C]//推进气象科技创新加快气象事业发展——中国气象学会 2004 年年会论文集(下册).2004.
 [7] 赵艳霞,王馥棠,刘文泉.黄土高原的气候生态环境、气候变化与农业气候生产潜力[J].干旱地区农业研究,2003,(4):145-149.
 [8] 张 强,邓振镛,赵映东,等.全球气候变化对我国西北地区农业的影响[J].生态学报,2008,(3):29-37.
 [9] 李栋梁,魏 丽,蔡 英.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):22-29.
 [10] 刘 璐,郭兆夏,柴 芊,等.陕西省苹果花期冻害风险评估[J].干旱地区农业研究,2009,27(5):257-266.

(上接第 54 页)

旱性^[11-13]。空间环境处理使苜蓿愈伤组织的丙二醛的含量下降,可溶性糖、游离脯氨酸和可溶性蛋白的含量及 POD 和 SOD 活性增加,说明太空特殊的环境如高辐射、强离子等的诱变作用,提高了苜蓿愈伤组织对干旱的抵抗能力。6 项指标可用于评价苜蓿愈伤组织的抗旱性的强弱。

参 考 文 献:

[1] 郭慧琴,李 晶.太空诱变对紫花苜蓿耐盐性及离体再生的影响[J].草原草坪,2013,33(1):25-27.
 [2] 毛淑蕊.利用 PEG6000 离体鉴定花生抗旱性技术体系的研究[D].泰安:山东农业大学,2008:13-14.
 [3] 王文国,赵小光,王胜华,等.PEG 胁迫对不同培养方式下金发草愈伤组织再生能力的影响[J].生物工程学报,2007,23(2):337-342.
 [4] 程 玲,邱永福,刘 兵,等.PEG 胁迫下高羊茅幼苗几个生理生化指标的变化[J].长江大学学报(自然科学版),2011,8(1):227-230.
 [5] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:北京高等教育出版社,2000:106-110.

[6] 徐宗才,田 丰.不同品种马铃薯叶片生理特性与抗旱性研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):153-155.
 [7] Wang J P, Bughrara S S. Evaluation of drought tolerance for Atlas rescue, and their progeny[J]. Euphytica,2008,164:113-122.
 [8] Reddy T Y, Reddy V R, Anbumozhi V. Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: A critical review[J]. Plant Growth Regulation, 2013,41:75-88.
 [9] 段碧华,尹伟伦,韩宝平.不同 PEG-6000 浓度处理下几种冷季型草坪草抗旱性比较研究[J].中国农学通报,2005,21(8):247-251.
 [10] 王俊娟,叶武威,王德龙,等.PEG 胁迫条件下 41 份陆地棉种质资源萌发特性研究及其抗旱性综合评价[J].植物遗传资源学报,2011,12(6):840-846.
 [11] 穆怀彬,德 英,等.PEG-60000 胁迫 10 个苜蓿品种幼苗期抗旱性比较[J].草业科学,2011,28(10):1809-1814.
 [12] 张晨妮,周青平,颜红波,等.PEG-60000 对老芒麦种质材料萌发期抗旱性影响的研究[J].草业科学,2010,27(1):119-123.
 [13] Abraham E M, Huang B R, Bonos S A, et al. Evaluation of drought resistance for Texas bluegrass, Kentucky bluegrass, and their hybrids[J]. Crop Science, 2004,44:1746-1753.