

气候变化对河西走廊中部地区主要农作物的影响

张洁,白青华,马鸿勇

(甘肃省张掖市气象局,甘肃 张掖 734000)

摘要:利用河西走廊中部的张掖市6县区30 a(1981~2010)的气温、降水数据及主要农作物春小麦、玉米的生育期及产量资料,运用数理统计和积分回归进行统计分析了河西走廊中部30 a来的气候变化(温度、降水)特征及气候变化(气温、降水)对主要农作物(春小麦、玉米)生育期及产量的影响。结果表明,随着气候变暖,河西走廊中部30 a年来平均气温总体呈上升趋势,气候倾向率为 $3.85\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$,各地年降水量均明显增加,年平均降水量从1980年代的191.1 mm增加到近10 a的210.5 mm;河西走廊中部气候变暖使该地区春小麦、玉米播种期提前,使小麦的生育期缩短,玉米的生育期延长。气温升高对春小麦、玉米不同生育期及产量形成的影响效应不同;降水增多对春小麦、玉米的各生育期及产量形成呈现出不同的影响效应,且影响效应表现出地域性差异。

关键词:气候变化;农作物;生长;产量

文章编号:1006-7639(2013)-02-0303-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-02-0303

中图分类号:S162.5

文献标识码:A

引言

气候变化的影响是全方位、多尺度和多层次的,农业是对气候变化响应最为敏感的产业之一。气候变化对农业生产的影响有利有弊^[1],在诸多因子中,温度和降水是与农业生产关系密切的2个重要气象要素,在很大程度上影响着作物的生长发育。在全球气候变化的大背景下,位于河西走廊中部的张掖市气候存在明显的变化趋势。河西走廊中部的张掖市也是全国最大的商品粮基地之一,气候变化对该地区主要农作物春小麦和玉米产生重要影响。深入系统的诊断河西走廊中部地区气候变化及主要农作物的响应机制,对该地区合理利用气候变化背景下的农业气候资源、提高作物生产潜力具有重要的意义。

气候变化对农业影响研究存在较大的不确定性^[2],国内外学者针对气候变化对农业生产的影响作了大量的研究,但多侧重于定性的研究范围或某种气候要素对农业生产可能产生的影响^[3-5]。研究结果多缺少系统性,在时间和空间尺度上的代表性较差;尤其针对气候变化对作物全生育期的影响评估系统化程度不高。本文在总结河西走廊中部地区

气候变化特征的基础上,系统分析了气候变化对不同作物春小麦和玉米各生育期的影响效应,为农业应对气候变化提供科学依据。

1 研究区概况与资料

1.1 研究区概况

甘肃省河西走廊中部地区主要指张掖市,辖甘州区、民乐县、临泽县、高台县、山丹县、临泽县6县区。地理坐标为东经 $97^{\circ}20'$ ~ $102^{\circ}12'$,北纬 $37^{\circ}28'$ ~ $39^{\circ}57'$,东西长465 km,南北宽148 km,海拔高度1 284~5 564 m,处在青藏高原与内蒙古高原的过渡地带,大地形有南部祁连山区,北部合黎山、龙首山区及中部走廊平原区组成。

河西走廊中部地区处于中纬度地带,深居大陆腹地,远离海洋,受青藏高原大地形作用的影响,形成大陆性温带干旱气候,祁连山地属于高寒半干旱的气候。具有光热丰富,夏季短而热,冬季长而严寒,春季升温快,秋季降温快,干燥少雨,分布不均,光照充足,太阳辐射强,昼夜温差大等特点。其年平均气温为 $4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $8.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,气温年较差 $26.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $31.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最低气温 $-30.6\text{ }^{\circ}\text{C}$

(高台),极端最高气温 $40.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (高台),无霜期 $110\sim 162\text{ d}$ 。年平均降水量 $112.3\sim 354.0\text{ mm}$,且分布极不均匀,常出现春末夏初干旱,对夏禾作物影响极大,农作物必须靠灌溉,没有灌溉就没有农业。年平均蒸发量 $2\ 002.5\text{ mm}$,远远大于年平均降水量。日照时数为 $2\ 787.2\sim 3\ 102.0\text{ h}$,光照极其丰富。年平均大风日数在 $7\sim 14\text{ d}$ 之间,沙尘暴日数在 $4\sim 10\text{ d}$ 之间,且多集中出现在春季($3\sim 5\text{ 月}$),其它季节较少出现。本区是重要的粮食主产区,适宜多种耕作制度和作物生长。但干旱、春寒、大风、连阴雨、霜冻、干热风^[6]等灾害时有发生,严重制约着农牧业生产的稳步发展^[7]。

1.2 资料来源与处理

利用河西走廊中部地区的张掖市各气象站农业气象观测资料,筛选 1981~2010 年的温度、降水资料 and 主要农作物春小麦和玉米各生育期的观测资料,选取 1981~2010 年张掖市农业统计年鉴资料的春小麦、玉米产量数据,运用数理统计以及积分回归的方法,分析了河西走廊中部 30 a 的温度、降水变化规律,通过分析气候变化与农作物生长及产量的关系,研究该区域气候变化特点及其对主要农作物造成的影响。

2 结果与分析

2.1 气温变化及其对主要农作物的影响

2.1.1 气温变化特征

河西走廊中部地区年平均气温总体上呈上升趋势,气候倾向率为 $3.85\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ 。张掖市 6 个县区的气温变化趋势与全市是一致的,均呈现增温的趋势(图 1),气候倾向率为 $2.5\sim 5.25\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$,表明近 30 a 来各县区呈气候变暖趋势。

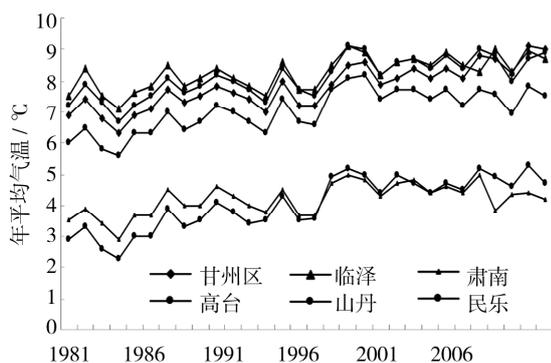


图 1 河西走廊中部地区 1981~2010 年平均气温变化

Fig. 1 The variation of average temperature in the middle region of Hexi Corridor from 1981 to 2010

1980 年代张掖市年平均气温为 $6.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,以后逐渐上升,近 10 a 年平均气温为 $7.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,比 1980 年代升高了 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均每 10 a 升高了 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。其中升温幅度最大的区域是民乐,由 1980 年代的 $3.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升高到目前的 $4.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的,升高了 $1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$;升幅最小的是肃南,由 1980 年代的 $3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升高到目前的 $4.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,升高了 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.1.2 气温变化对春小麦生育期的影响

由于春季气温升高较明显,对春小麦生育期也有一定的影响。以甘州区为例,根据图 2 分析春小麦各生育期的变化规律。

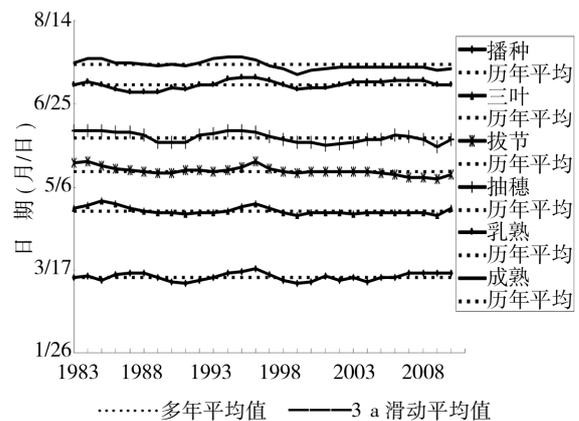


图 2 甘州区历年小麦生育期变化过程

Fig. 2 The change of wheat growth period in Ganzhou district in recent 30 years

春小麦各生育期 1983~1986 年处于相对偏晚阶段,1987~1992 年除 1987 年播种期偏迟,其余各生育期都处于一个相对提早的阶段,1993~1997 年处于相对偏晚阶段,1998~2007 年除抽穗期略晚外,其他各生育期正常或偏早。

对于春小麦而言,由于春季气温升高,全生育期略有缩短,大约为 $5\sim 6\text{ d}$ 。全生育期的变化(图 3)也同样具有明显地域性,民乐等地缩短可达 13 d 左右^[8],生育期的缩短减少了春小麦光合作用的时间,影响春小麦产量的形成。粮食作物的气候产量下降似乎将成为普遍趋势,粮食安全压力将会明显加大^[9]。

2.1.3 气温变化对玉米生育期的影响

玉米属于喜温喜热作物,气温升高总体对其生长发育比较有利。1990 年代与 1980 年代相比,由于温度升高,玉米播种期提早了 $3\sim 4\text{ d}$;近 10 a 比 1990 年代播种期提早了 1 d ;但生殖生长阶段有所延长,乳熟期延长最多,全生育期总共延长了 $10\sim 11\text{ d}$ 。可见,气候变暖使玉米的全生育期总体都明显延长(图 4),为生长发育赢得了更充足的气候资源,对生长和发育比较有利。

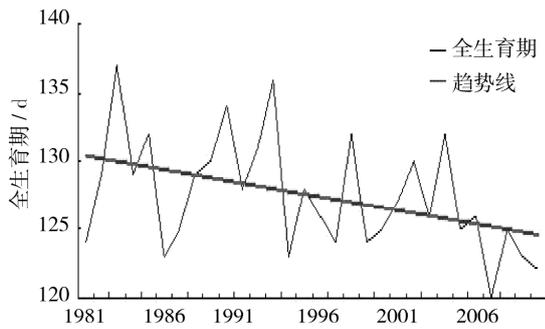


图 3 1981 ~ 2010 年甘州区春小麦全生育期变化

Fig. 3 The whole growth period variation of the spring wheat in the Ganzhou district from 1981 to 2010

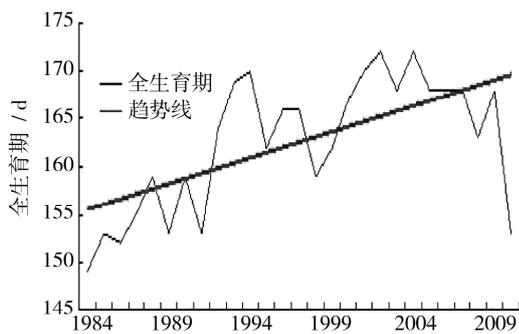


图 4 1984 ~ 2010 年甘州区玉米全生育期变化

Fig. 4 The whole growth period variation of the corn in the Ganzhou district from 1984 to 2010

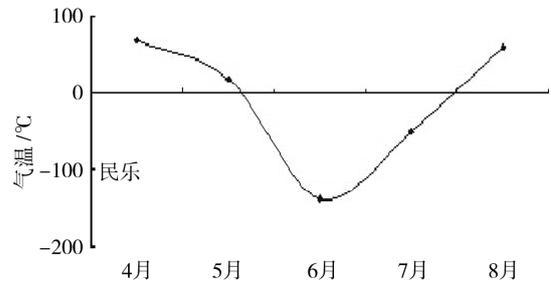
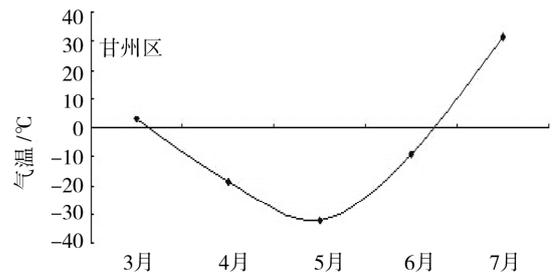


图 5 春小麦产量与月平均气温积分回归曲线

Fig. 5 The integral regression curves of spring wheat yield and monthly average temperature

2.1.4 气温变化对春小麦产量的影响

选用 1981 ~ 2010 年春小麦产量,采用正交多项式拟合^[10-11],对产量资料进行处理,从实际产量中分离出气候产量和社会产量,用春小麦气候产量比较客观地反映产量在不同气象条件下波动状况。

河西走廊中部地区春小麦大部分在 3 月中旬播种,7 月中旬收获,山区在 4 月中旬播种,8 月下旬收获,因此以甘州区作为川区代表,民乐作为山区代表,用播种到收获期的月平均温度,计算春小麦气候产量($Y_w = Y - Y_l$) 与月平均温度的关系,用积分回归的方法,得到月平均温度对春小麦产量影响系数。

从月平均气温对春小麦生育过程影响效应来看,可分为 3 个阶段(图 5)。

第一阶段为播种到出苗期。这一阶段为正效应,月平均温度每增加 1 °C,川区约可增产 3 kg/hm²左右,山区增产 68 kg/hm²左右,此期温度高一些,对春小麦生长发育有利,同时说明这一时期温度条件不能满足春小麦生育要求。

第二阶段为分蘖至开花灌浆期。这一阶段温度为负效应,温度每升高 1 °C,川区约减产 9 ~ 32 kg/

hm²左右,山区约减产 50 ~ 139 kg/hm²左右。分蘖对温度反应敏感,温度较高时分蘖生长虽快,但易徒长,温度过高对分蘖起抑制作用。小麦拔节期要求的适宜温度为 15 °C 左右,但在小穗分化期或小花分化期,温度略偏低,可使小穗数目和小花数目增加。由于在相对低温时穗花分化速度延缓,发生时间延长。小麦开花期气温高于 35 °C,土壤水分不足,花粉失去受精能力而降低结实率。小麦受精结实后就进入籽粒形成期,灌浆持续时间主要受温度条件制约,灌浆期的适宜温度为 18 ~ 22 °C,适温范围内低温持续时间长,千粒重高,说明该时期温度状况是引起产量波动的重要原因之一。

第三阶段为乳熟到成熟期。此期温度为正效应。月平均温度每升高 1 °C,川区约可增产 32 kg/hm²左右,山区增产 60 kg/hm²左右,显然此期温度高一些,对春小麦生长发育有利。

2.1.5 气温变化对玉米产量的影响

河西走廊中部地区玉米大都在 4 月上旬播种,9 月上中旬收获,因此选用甘州区玉米产量,用积分回归的方法,得到月平均温度对春玉米产量影响系数。

从月平均气温对玉米生育过程影响效应来看,可分为 4 个阶段(图 6)。

第一阶段为播种到出苗前。这一阶段为负效应,月平均温度每增加 1 °C,川区约可减产 30 kg/hm²,此期温度高,对春播玉米生长发育不利,同时

说明这一时期温度条件可以满足玉米生长的热温条件。

第二阶段为出苗到七叶期。这一阶段温度为正效应,温度每升高 1 °C,川区约增产 57 kg/hm²。此期温度略偏高,对春播玉米生长发育有利。

第三阶段为七叶至抽雄、开花灌浆期。这一阶段温度为负效应,温度每升高 1 °C,减产 36 kg/hm²左右。该时期玉米生长发育适宜温度相对较低,温度偏高,对授粉和延长灌浆时间不利。

第四阶段为灌浆到成熟期。此期温度为正效应。月平均温度每升高 1 °C,川区约可增产 14 ~ 27 kg/hm²。秋季低温使玉米正常生长受阻,积温不足,影响正常成熟,对产量影响较大,说明此期温度条件不能满足春玉米生育的热量需求。

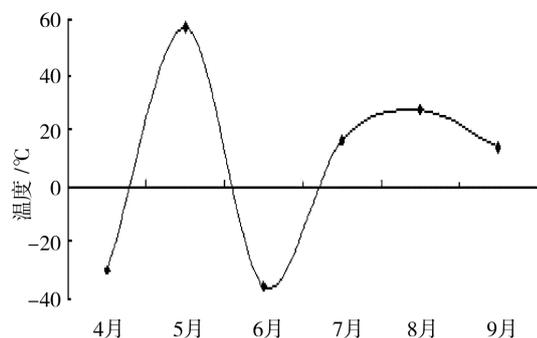


图6 甘州区玉米产量与月平均温度积分回归曲线

Fig. 6 The integral regression curve of the corn yield and monthly average temperature in Ganzhou district

2.2 降水变化及其对主要作物的影响

2.2.1 降水变化特征

河西走廊中部地区年降水量由西北向东南随海拔高度增加而递增(图7),受山地地形影响比较显著,多年平均降水量为 110 ~ 343 mm,民乐降水量最多,年降水量达 343 mm;高台降水量最少,年平均降水量只有 110.3 mm,南北相差 230 mm 以上。根据降水量的多少,祁连山区属半湿润、湿润区,年降水量为 400 ~ 500 mm;南部沿山为半干旱、半湿润区,年降水量为 250 ~ 330 mm;川区各县及走廊北山是干旱、特干旱区,年降水量为 60 ~ 200 mm。在春末初夏(5月下旬至6月中旬)和盛夏(7月中旬至8月中旬)有 2 个相对少雨时段。常出现春末夏初干旱,对夏禾作物影响极大。

近 30 a 来,河西走廊中部地区各地年降水量均明显增加,全市平均年降水量从 1980 年代的 191.1

mm 增加到近 10 a 的 210.5 mm,平均每 10 a 增加 6.5 mm,其中民乐县增加最为明显,平均每 10 a 增加 15.0 mm。

近 30 a 以来,各站年际年代的降水变化均较明显,多雨年的年雨量是少雨年的 2.5 ~ 3.9 倍(图 8)。1980、1990 年代降水偏少,近 10 a 偏多^[12]。

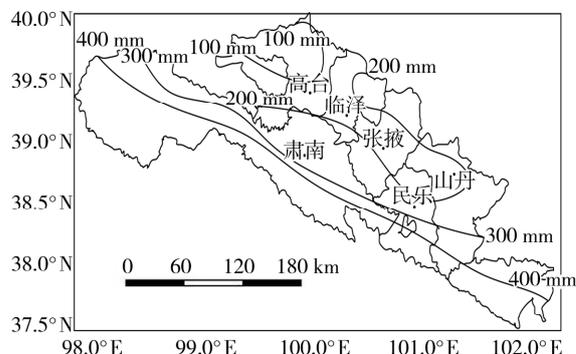


图7 河西走廊中部地区年降水量分布

Fig. 7 The annual precipitation distribution in the middle region of Hexi Corridor

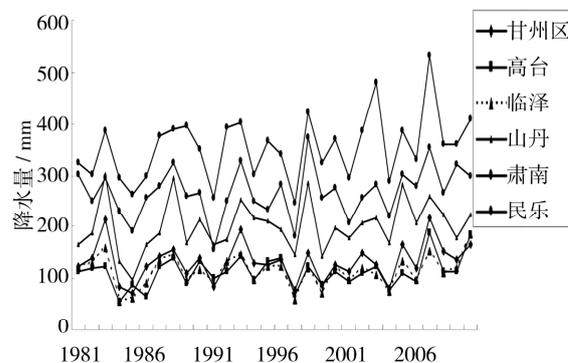


图8 张掖市 1981 ~ 2010 年降水量变化曲线

Fig. 8 The change curves of the annual precipitation in Zhangye from 1981 to 2010

2.2.2 降水变化对春小麦生长及产量的影响

降水对春小麦生长及产量的影响因生育期不同而不同,某些生育时期降水量适当偏少有利于春小麦增产,而春末初夏干旱和收获期连阴雨对春小麦产量危害较大(图 9)。

春小麦播种至抽穗期。这一阶段降水量为正效应,月降水量每增加 10 mm,川区约可增产 19 ~ 89 kg/hm²左右,山区增产 17 ~ 52 kg/hm²左右,春季降水适宜,能满足春小麦播种及苗期的需要。说明河西走廊中部地区这一时期降水条件不能完全满足春小麦生长的水分需求。

春小麦生育后期指抽穗开花和籽粒形成期。这一阶段山区是正效应,月降水量每增加 10 mm,约可

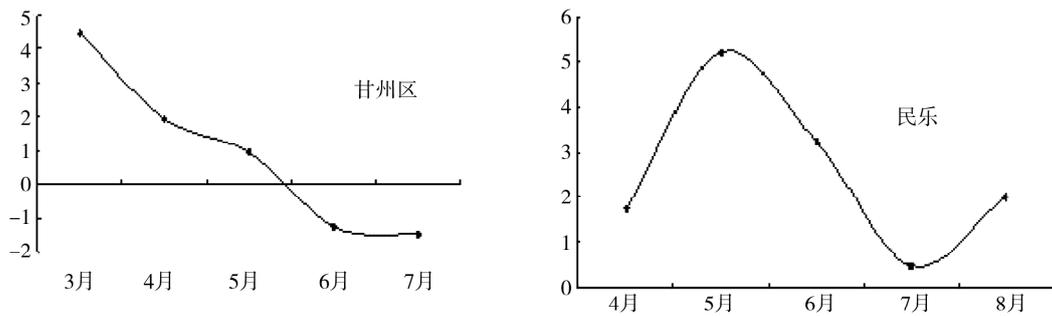


图9 春小麦产量与月降水量积分回归曲线

Fig.9 The integral regression curves of the spring wheat yield and monthly precipitation

增产 5 ~ 20 kg/hm² 左右。春小麦耗水量最大阶段是拔节到抽穗、灌浆期,这 2 个阶段为需水关键期,耗水量占全生育期的 50%,灌浆期降水对产量形成具有重要作用。河西中部地区在春末初夏(5 月下旬至 6 月中旬)和盛夏(7 月中旬至 8 月中旬)有 2 个相对少雨时段,常出现春末夏初干旱,对夏禾作物影响极大。对于川区这一阶段是负效应,月降水量每增加 10 mm,川区约可减产 25 ~ 30 kg/hm² 左右。春小麦抽穗开花期如遇阴雨,气温偏低,光照不足,则开花不整齐。雌蕊柱头常因雨水冲击而失去生命力,结实率降低。川区属于绿洲灌溉农业区,能满足春小麦需水,如果降水过多,会引起贪青晚熟和倒伏。

2.2.3 降水变化对玉米生长及产量的影响

以河西走廊中部地区的甘州区为例从 4 个阶段分析月降水量对春玉米生育过程的影响效应(图 10)。

第一阶段为播种到出苗前。这一阶段为正效应,降水量每增加 10 mm,川区约可增产 8 kg/hm² 左右。此时降水稀少,土壤表层的湿度占田间持水

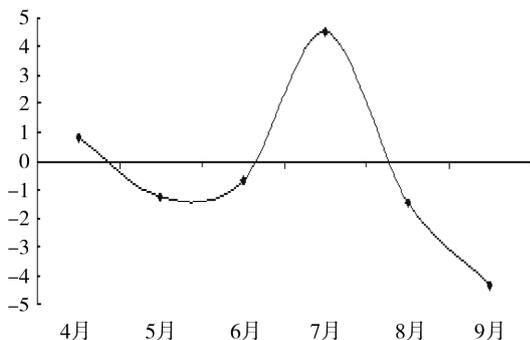


图10 甘州区玉米产量与月降水量积分回归曲线

Fig.10 The integral regression curve of the corn yield and monthly precipitation in Ganzhou district

量≤60%,对出苗和苗期生长不利,苗不齐,植株矮小、细、弱,根系发育受阻,甚至造成叶片凋萎植株死亡。此期降水量多一些,对春玉米生长发育有利,同时说明这一时期降水条件不能满足玉米生育要求。

第二阶段为出苗到拔节前。这一阶段为负效应,降水量每增加 10 mm,川区约可减产 7 ~ 12 kg/hm² 左右。在七叶期以前因生长点还未露出地面,此时受涝减产最严重,甚至绝收。若出现 > 10 d 的连阴雨天气,玉米光合作用减弱,植株瘦弱常出现空秆。此期降水量少一些,对春玉米生长发育有利。

第三阶段为拔节至抽雄、开花灌浆期。这一阶段降水为正效应,月降水量每增加 10 mm,玉米可增产 45 kg/hm² 左右。拔节以后,植株开始进入旺盛生长阶段,需水较多,抽雄前 10 d 至后 20 d,是水分临界期。穗分化及开花期对水分的反应敏感,此时正是伏旱易发生期,干旱持续半个月自然会造成玉米的“卡脖子”使幼穗发育不好,果穗小,籽粒少。干旱更严重时,造成雄穗与雌穗抽出时间间隔太长,授粉不良,果穗籽粒少;雄穗和雌穗抽不出来,雌穗部分不育甚至空秆。

第四阶段为灌浆乳熟到成熟期。此期降水为负效应。降水量每增加 10 mm,川区约可减产 14 ~ 43 kg/hm² 左右。秋季连阴雨常使玉米正常生长受阻,积温不足,影响正常成熟,还容易引发玉米黑穗病等病虫害。此期降水量偏少,对玉米生长发育有利,也说明河西走廊中部这一阶段降水条件可以满足玉米生育要求。

3 结 论

(1)位于河西走廊中部的张掖市各县区气候在近 30 a(1981 ~ 2010 年)气候变化明显,各县区在 30 a 来表现出气温升高、降水增多的气候变化趋势,并且各县区在气温和降水方面变化幅度不同,其中民

乐县气温、降水变化最为明显。

(2) 气温升高使春小麦生育期缩短。气温升高对春小麦播种到出苗期、乳熟到成熟期的生长发育及产量形成均表现出正影响效应,而对分蘖至开花灌浆期则表现出负影响效应;气候变暖使玉米的全生育期总体都明显延长,为生长发育提供了更充足的气候资源,对生长和发育比较有利。气温升高对玉米出苗到七叶期、灌浆到成熟期生长及产量形成表现出正影响效应,在播种到出苗前、七叶至抽雄、开花灌浆期表现出负影响效应。

(3) 降水增多对春小麦播种到成熟期生长及产量的影响表现出正效应,而在春小麦生育后期,山区表现出正效应,川区则表现出负效应;降水增多对玉米播种到出苗前、拔节至抽雄、开花灌浆期生长及产量的影响表现出正效应,在出苗到拔节前、灌浆乳熟到成熟期表现出负效应。

(4) 气候变暖有利于棉花、工业用玉米、蔬菜、瓜果等经济作物种植面积的扩大,小麦等粮食作物种植面积则相应减少,这将导致粮食总产量的下降,最终影响粮食安全^[15]。河西灌溉区春小麦种植面积呈减少趋势,河西适当加大适宜种植喜温作物的范围,尤其是经济效益明显的玉米种植,在干旱时段及时供水有利于提高产量^[16]。

参考文献:

- [1] 尤莉,程玉琴,郭瑞清,等. 内蒙古赤峰地区气候变暖及其影响[J]. 中国农业气象,2008,29(2):134-138.
- [2] 赵秀兰. 近50年中国东北地区气候变化对农业的影响[J]. 东北农业大学学报,2010,41(9):144-149.
- [3] 信乃途,程延年. 未来气候变化对农业的影响及对策[J]. 中国农学通报,1995,11(3):1-4.
- [4] 张金屯. 全球气候变化对农业的影响[J]. 环境与开发,1999,14(4):5-9.
- [5] 陆魁东,屈右铭,张超,等. 湖南气候变化对农作物生产潜力的响应[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2007,33(1):9-13.
- [6] 宋连春,杨兴国,韩永翔,等. 甘肃气象灾害与气候变化问题的初步研究[J]. 干旱气象,2006,24(2):63-69.
- [7] 甘肃省张掖地区农业区划汇编[M]. 甘肃省张掖地区农业区划办公室:1-22.
- [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,2008,39(3):1210-1218.
- [9] 张强,陈丽华,王润元,等. 气候变化与西北地区粮食和食品安全[J]. 干旱气象,2012,30(4):509-513.
- [10] 高亮之. 农业系统学基础[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1993.8:21-22.
- [11] 尹东. 农业产量预报技术的研究和应用[J]. 干旱气象,2007,25(2):12-16.
- [12] 王素萍,宋连春,韩永翔. 河西走廊地区气候和绿洲生态研究的若干进展[J]. 干旱气象,2006,24(2):78-83.

Impact of Climate Change on the Main Crops in the Middle Region of Hexi Corridor

ZHANG Jie, BAI Qinghua, MA Hongyong

(Zhangye Meteorological Bureau of Gansu Province, Zhangye 734000, China)

Abstract: Based on temperature, precipitation data collected from six counties of Zhangye in recent 30 years, and the yields and growth periods data of the main crops such as spring wheat and corn, the climate change feature and its impact on yields and growth periods of main crops were analyzed by means of statistic analysis and integral regression methods. Results show that the average temperature in the middle area of Hexi Corridor in recent 30 years presented increasing trend with the climate tendency rate of 3.85 °C/100 a. The annual mean rainfall increased obviously, in last ten years, the annual mean rainfall was 210.5 mm, but in the 1980s, it was 191.1 mm. Climate warming advanced the seeding periods of spring wheat and corn, and shortened the growth period of spring wheat but extended corn's. Increase in temperature and precipitation has different impacts on the growth period and yields of both spring wheat and corn, and the effects varied with the regional difference.

Key words: climate change; crops; growth; yield