第15卷 第2期
2021年4月
沙漠与绿洲气象
Desert and Oasis Meteorology

严华,马玉平,晏中文.新源县冬小麦对气候变化的响应 [J].沙漠与绿洲气象,2021,15(2):131-137.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2021.02.017
开放科学(资源服务)标识码(OSID):

新源县冬小麦对气候变化的响应

严　华[1],马玉平[2],晏中文[1]
(1.新源县气象局,新疆　新源　835800;2.伊犁州气象局,新疆　伊宁 835000)

摘　要:根据新源县气象站1982—2018年冬小麦生育期、产量及同期气温、降水、日照时数资料,采用线性回归、pearson相关系数、3 a直线滑动平均等统计方法,研究了近37 a来新源县冬小麦对气候变化的响应。结果表明:近37 a来新源县冬小麦冬前生育期显著推迟,返青至乳熟期显著提前,春、夏季生育期提前主要受3月上、中旬气温影响。出苗—越冬开始期显著缩短、乳熟—成熟期显著延长,其它各生育期间隔无显著变化,全生育期缩短是由播种期显著推迟造成的。冬小麦气候产量与营养生长期的气象要素显著相关。播种期显著推迟导致冬前的热量积累不足,建议播种期提前10 d左右,利于形成壮苗。

关键词:新源县;冬小麦;气候变化;生育期;气候产量
中图分类号:S162.53　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1002-0799(2021)02-0131-07

IPCC第五次评估报告(IPCC,2013)指出,过去30 a地球表面温度比1850年以来的任何一个10 a都高,降水量的区域性差异进一步增加[1]。全球主要干旱区近百年呈明显变干趋势,且气候变暖时段干旱年发生概率明显偏高[2]。农业是受气候变化影响很大的行业,由于光热水资源的不同,各地的作物种类、品种、种植制度也相应不同[3]。以气温升高为主要特点的气候变化对农业生产的影响已引起人们的普遍关注。权畅等[4]指出就全国范围气候变暖将使粮食产量呈下降趋势,但各区域不同。肖登攀等[5]研究1981—2019年华北平原冬小麦物候的变化趋势,发现过去30 a华北平原冬小麦播种、出苗、越冬开始期推迟,返青、开花、成熟期提前,整个生育期呈减少趋势。侯学会等[6]指出在西北内陆3月最低温度对返青期的影响最显著,成熟期主要受3—4月平均温度的影响,1—3月降水对返青期、1—5月降水对成熟期的正效应均达到显著性水平,降水增加对冬小麦生长有利,可延缓干旱导致的物候提前。檀艳静[7]发现河南省冬小麦气象产量与出苗—返青期、返青—开花期、开花—成熟期各阶段最高温度均为负相关关系,与这三个阶段最低温度均为正相关关系,与出苗—返青期、返青—开花期降水为正相关关系,与开花—成熟期降水为负相关关系。气候变暖还极大地影响了农业种植结构,王鹤龄等[8]研究认为甘肃省冬小麦适宜种植区北界20世纪90年代比60年代向西北扩展100~200 km,适宜种植区的海拔也比过去升高了300~400 m。

近50 a来,新疆气候变暖、降水增多的趋势明显,极端冷暖事件发生的日数趋于减少,极端冷暖事件强度也具有显著减小的趋势[9]。气候变暖使新疆冬小麦播期推迟,全生育期缩短[10]。20世纪80年代后期,新疆北部从一年一熟为主转变为二年三熟和一年二熟为主[11]。新疆由于地域广阔,气候多样,各地农业气候资源差异较大,对农作物的影响因子也不尽相同。冬小麦生长季内前期气温偏低、后期气温偏高是影响南疆巴楚县冬小麦产量的主要气候因子[12],北疆吉木乃县春、夏季0、10 ℃积温与春小麦产量的相关关系显著[13]。在全球变暖背景下,研究新

收稿日期:2020-04-06;**修回日期**:2020-06-24
基金项目:伊犁州气象局科研课题(KT-202003)
作者简介:严华(1981—),女,工程师,主要从事综合观测、气象预报与为农服务工作。E-mail:2197774162@qq.com
通信作者:马玉平(1970—),男,高级工程师,主要从事应用气象研究。E-mail:ynmyp@163.com

源县气候变化对当地冬小麦的影响及如何采取趋利避害措施是县域经济亟待解决的问题，也是为农服务的要求。

新源县(82°28′~84°57′E、43°01′~43°40′N)位于新疆北部的伊犁河谷东部，地形东高西低、三面环山、西部敞开，全县总面积 7 581 km²，海拔792~4 621 m，属于温带大陆性半干旱气候；主要种植小麦、玉米等粮食作物，其中冬小麦在小麦面积及产量中占据主要地位。本文分析了新源县冬小麦生育期气候特点，冬小麦主要生育期及产量变化，影响冬小麦的关键气候因子，以期为冬小麦应对气候变化与稳产高产提供参考。

1 资料及方法

1.1 资料来源

采用新源县气象站（83°18′E，43°27′N)1981—2018 年地面观测资料，冬小麦生育期数据来自该站农气观测报表，冬小麦产量来自新源县统计局。冬小麦属于越冬跨年作物，故将冬小麦收获年度作为生育年度(1982—2018 年)。文中四季划分：3—5 月为春季，6—8 月为夏季，9—11 月为秋季，12 月—次年 2 月为冬季。

1.2 研究方法

文中用一元线性回归系数求出各要素的倾向率，利用 pearson 相关系数求各要素之间的相关性。作物的产量可以分离为时间趋势产量与气候产量之和，时间趋势产量主要受品种、施肥水平、水利条件、栽培技术等影响，气候产量指天气气候因素对产量的影响[14]。本文用 3a 直线滑动平均法[15]计算冬小麦的时间趋势产量，该方法结合线性回归方程与滑动平均法，既过滤了产量的波动，数据又没有损失；从每年的实际产量中减去时间趋势产量，得到当年的气候产量。

2 结果与分析

2.1 冬小麦生长季气候特征

新源县冬小麦平均播种期是 10 月上旬，成熟期为 7 月上旬(表 1)，故 10 月上旬至翌年 7 月上旬可视为冬小麦生长季。生长季平均气温为 4.5~8.1 ℃，多年平均气温为 6.4 ℃；降水量为 270.2~568.4 mm，平均降水量为 413.8 mm；日照时数为 1 843.4~2 189.1 h，平均达 1 993.6 h。

冬前(10 月上旬—11 月中旬)气温趋势系数大多为正(图 1a)，说明冬前以升温为主。越冬前中期

表 1 新源县冬小麦主要生育期及倾向率

	平均日期	倾向率/(d·a⁻¹)	P 值
播种期	10 月 8 日	0.472 5	0.002
出苗	10 月 23 日	0.614	0.011
越冬开始	11 月 24 日	0.017	0.905
返青	3 月 20 日	-0.225	0.061
拔节	4 月 30 日	-0.371	0.000
孕穗	5 月 13 日	-0.344	0.001
抽穗	5 月 22 日	-0.362	0.000
开花	5 月 29 日	-0.310	0.001
乳熟	6 月 16 日	-0.370	0.000
成熟	7 月 8 日	-0.102	0.208

(11 月下旬—2 月中旬)趋势系数有正有负，但均未通过显著性检验，该时段是新源县冬季，气温变化不明显，其中 1 月中旬温度居全年最低，该旬气温呈上升趋势，利于缓解低温。年极端低温出现在越冬期，一般 5 cm 雪深可以抵御-25 ℃低温，10 cm 雪深可以抵御-30 ℃低温[16]。37 a 来新源县极端最低温度在 -13~-26 ℃，常年雪深在 10 cm 以上，越冬期间累积负积温呈不显著减少趋势（y=2.29x-498.7，P=0.248），所以冬小麦因极端低温产生冻害的可能性小，能安全过冬。

越冬期后期(2 月下旬—3 月上旬)气温上升趋势显著(P<0.05)，开春后各旬气温均呈上升趋势。返青期(3 月中、下旬)旬平均气温上升趋势非常显著(P<0.01)，冬小麦随之开始快速恢复生长。4 月上、中旬日平均气温上升到 10 ℃以上，冬小麦逐渐进入拔节期，拔节前后旬温度比较稳定，上升趋势不显著。5 月中下旬小麦抽穗扬花期平均气温为 16.9~17.8 ℃，在适宜温度 16~22 ℃范围内。灌浆成熟期冬小麦适宜温度为 20~25 ℃，新源县冬小麦 6 月开始进入灌浆期，6 月上、中旬与 7 月上旬尽管气温上升趋势非常显著(P<0.01)，但平均气温在 20.0~21.5 ℃，仍在适宜温度内。

冬小麦生长季降水冬前较多，越冬期少，开春后较多，呈现 U 字型(图 1b)，符合作物生长用水规律。各旬中仅 1 月中旬降水量增加趋势通过了 0.05 的显著性检验。从趋势上看，冬小麦生长前中期降水以增加为主，后期(6—7 月)降水呈减少趋势。

冬小麦生长季日照时数与降水分布类似（图 1c)，也是呈现“多—少—多”的分布。近 37 a 秋、冬季日照时数呈减少趋势，返青恢复生长后逐渐增加，

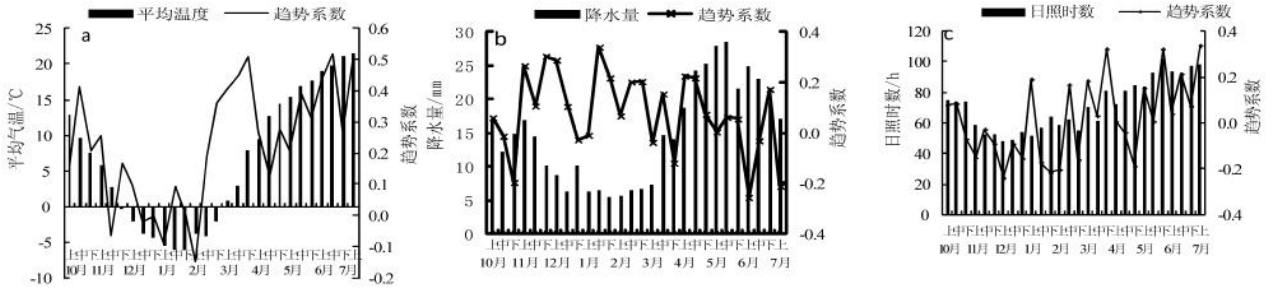

图 1　新源县 1982—2018 年冬小麦生长季旬平均温度(a)、旬降水量(b)、旬日照时数及趋势系数

但全部生育期仅 7 月上旬成熟期日照时数增加趋势明显(P=0.041)。

2.2　冬小麦生长特征

2.2.1　冬小麦主要生育期特征及其变化

新源县冬小麦越冬前生长期约一个半月，越冬期近 4 个月,春季返青后冬小麦恢复生长,大约40 d 后开始拔节,5 月是孕穗、抽穗、开花期,6 月灌浆期,乳熟后约 20 d 成熟,全生育期是 250~301 d。

冬小麦以变化不显著的越冬开始期为界(表1),之前各生育期均显著推迟，之后各主要生育期除了成熟期提前趋势不显著外,其余均显著提前,其中拔节、抽穗、乳熟期提前趋势通过了 0.001 的显著性检验。

由表 2 可知，出苗—越冬开始期之间的间隔天数显著减少,原因可能是播种期显著延后,出苗期相应地延后,但越冬开始期变化不显著,导致出苗—越冬开始期间隔日数以 8.1 d/10 a 的速率缩短。开春后主要生育期之间的间隔呈缩短—延长交替状态,除乳熟—成熟期间隔显著延长，其他各间隔变化趋势未通过显著性检验。

2.2.2　冬小麦主要生育期年代变化

按年代统计(表 3),冬小麦播种期从 20 世纪 80 年代的 9 月下旬逐渐推迟到 90 年代、21 世纪前 10 a 的 10 月上旬,至 10 年代平均播种期推迟至10 月中旬,推迟了近 20 d;出苗期相应地推迟近 20 d。越冬开始期与返青期、成熟期年代变化不大,拔节—乳熟的主要生育期 21 世纪 10 年代比 20 世纪 80 年代提前了 10 d 左右。全生育期呈显著缩短趋势($y=-0.638\ 5x+284.78$,$P<0.001$)，从 286 d 减少到 265 d。

表 2　新源县冬小麦主要生育期历期倾向率

	倾向率/(d·a^{-1})	P 值
播种—出苗	0.082	0.440
出苗—越冬开始	-0.811	0.000
越冬开始—返青	-0.275	0.197
返青—拔节	-0.146	0.113
拔节—孕穗	0.027	0.679
孕穗—抽穗	-0.018	0.570
抽穗—开花	0.052	0.053
开花—乳熟	-0.060	0.169
乳熟—成熟	0.268	0.000

表 3　新源县冬小麦主要生育期年代际变化

年代	20 世纪		21 世纪	
	80 年代	90 年代	前 10 a	10 年代
播种	9 月 28 日	10 月 8 日	10 月 6 日	10 月 16 日
出苗	10 月 12 日	10 月 26 日	10 月 20 日	11 月 1 日
越冬开始	11 月 22 日	11 月 26 日	11 月 24 日	11 月 22 日
返青	3 月 23 日	3 月 22 日	3 月 16 日	3 月 19 日
拔节	5 月 6 日	5 月 2 日	4 月 26 日	4 月 26 日
孕穗	5 月 20 日	5 月 14 日	5 月 9 日	5 月 9 日
抽穗	5 月 28 日	5 月 23 日	5 月 18 日	5 月 18 日
开花	6 月 3 日	5 月 30 日	5 月 24 日	5 月 25 日
乳熟	6 月 22 日	6 月 18 日	6 月 11 日	6 月 12 日
成熟	7 月 11 日	7 月 7 日	7 月 6 日	7 月 8 日

出苗—越冬开始期间隔明显缩短，从 20 世纪 80 年代的 41 d 到 90 年代、21 世纪前 10 a 的 30 多天,21 世纪 10 年代减少至 21 d。返青—拔节期共缩短 7 d,乳熟—成熟期延长 7 d,其他发育期间隔变化不大,多在 2 d 内。

总的来说，新源县冬小麦主要生育期 20 世纪 90 年代与 80 年代比较,冬前推迟较明显,开春后提前较明显。21 世纪前 10 a 与 20 世纪 90 年代相比,冬前主要生育期略提前,开春后提前较明显。21 世纪 10 年代较前 10 a 冬前主要生育期推迟，开春后各生育期出现时间接近。

2.3 冬小麦产量特征

随着生产力、田间管理等水平的提高,冬小麦实际产量波动上升(图 2),每年增速为 102.41 kg/hm^2(P<0.001),气候产量多年变化趋势不明显,但年际变化在-439.4~360.7 kg/hm^2,气候的影响导致每公顷冬小麦产量差别达到 800 kg。37 a 间有 20 a 气候产量为负,有 17 a 为正。

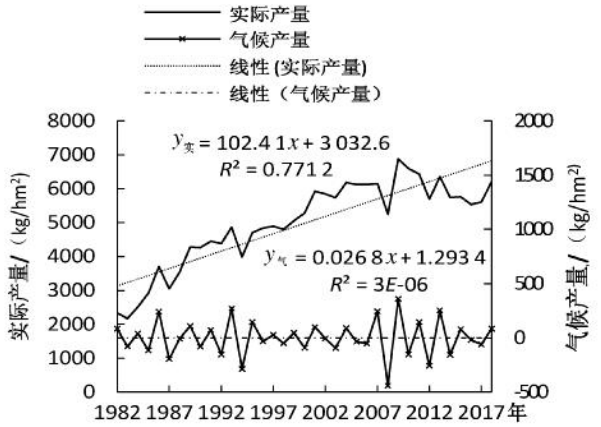

图 2 新源县 1982—2018 年冬小麦产量

2.4 气象要素对冬小麦的影响

2.4.1 气象要素对冬小麦生育期的影响

近 37 a 新源县冬小麦播种期从 9 月下旬逐渐延迟到 10 月上、中旬,事实上 10 月上旬气温、降水、日照增长趋势均不显著,10 月中旬仅气温升高趋势显著(P<0.05),播种期与 10 月各旬月温度、降水、日照相关关系均未通过显著性检验,播种期的延迟可能是人们判断温度升高主观上推迟播种造成的。冬小麦适宜播种期应该是日平均气温降至 15~17 ℃,适宜出苗的日平均温度为 15~18 ℃,适时播种的冬小麦冬前>0 ℃积温达到 450~500 ℃·d 时能形成壮苗[16]。新源县冬小麦播种期日平均气温随着播期的推迟而降低,21 世纪 10 年代达到最低,为 11.1 ℃;出苗期温度在 7.5~9.7 ℃,越冬前>0 ℃的平均积温为 333.3 ℃·d,37 a 来呈下降趋势(y=-4.556 6x+430.76,R^2=0.123 9),近 10 a 冬前积温严重不足,平均为 216 ℃·d,各项指标均低于适宜标准,可见新源县冬小麦播种期总体偏晚,不利于冬前壮苗。新源县 9 月下旬平均气温为 14.7~15.7 ℃,9 月 25—29 日播种,越冬始期>0 ℃积温基本在 450~500 ℃·d,所以 9 月第六候是新源冬小麦的适播期,不宜太晚。

出苗期与 10 月下旬日照时数呈显著负相关(P=0.022),说明日照越充足,出苗越早。出苗期与 10 月平均温度呈显著正相关(P<0.01),这主要是因播种期推迟所致。

越冬开始期与 11 月中下旬气温显著正相关(P<0.001),与 10 月上旬降水呈显著负相关(P=0.022),与 10—11 月月降水呈负相关。在农业气象观测中越冬开始期是以 5 d 滑动平均气温达到 0 ℃以下来确定。新源县 11 月中下旬气温与 10—11 月各旬降水比较稳定,越冬开始期出现日期各年代变化不大,基本出现在 11 月下旬。

12 月—翌年 1 月各旬的光热水与冬小麦各生育期均未通过显著性检验(P>0.05)。翌年 7 个主要生育期(返青—成熟期)出现时间与全生育期内各旬平均温度均呈负相关(表 4),即全生育期内各旬温度越高,返青—成熟期越早。全生育期与各旬降水除了成熟期与 4 月中旬降水量呈显著正相关(P=0.019)外,与其他各旬降水量关系均不显著。全发育期与 2 月之前各旬日照时数呈不显著相关,与 2 月之后各旬日照时数呈负相关。表 4、表 5 分别列出了 7 个主要生育期与旬温度、日照时数的相关系数,可以看出,3 月上、中旬平均温度对返青后各生育期的影响最为显著,这两旬气温上升显著,中旬气温已达到 3.0 ℃,北方麦区日平均气温达到 3.0 ℃冬小麦返青[17]。新源县冬小麦返青期近 37 a 已由 3 月下旬提前至 3 月中旬。冬小麦生长中后期由营养生长、生殖生长并进转为生殖生长为主,除孕穗期(5 月中旬)与乳熟期(6 月中旬)、成熟期(7 月上旬)气温上升趋势显著,其他生育期气温变化不显著,各生育期气温均在适宜温度范围内,因此中后期各生育期大多无显著变化,冬小麦穗分化、子粒形成、灌浆过程都比较稳定,利于小麦稳产。4 月中旬是冬小麦拔节前,充沛的降水有利于延缓成熟期,延长灌浆时间,增加粒重。

日照时数是以 2 月中旬与 5 月下旬影响较明显。2 月中旬日照时数越长,返青、孕穗、抽穗、成熟期越早。5 月下旬日照时数与开花、乳熟期呈显著负相关,大量的日照可以促进冬小麦提前进入灌浆阶段。新源县近 37 a 来 2 月中旬与 5 月下旬日照变化趋势不明显,所以日照对生育期的影响不大。

全生育期长度与生育期内温度、日照时数呈负相关,与降水呈正相关,即温度越高、日照时数越长,生育期越短,降水越多,生育期越长。新源县春、夏、秋季气温上升趋势显著($P_{春}$<0.001,$P_{夏}$<0.001,$P_{秋}$=0.041),春温升幅最大,达到0.83 ℃/10 a,生育期长度与春季、夏季平均气温正相关系数分别通过了 0.01、0.05 的显著性检验(表6)。尽管全生育期呈缩

表 4　返青—成熟期与主要旬气温相关系数

	10月中旬	11月上旬	2月中旬	2月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬	4月上旬	4月中旬	4月下旬	5月上旬	5月中旬	5月下旬	6月上旬
返青期	-0.022	-0.371*	-0.408*	-0.634**	-0.713**	-0.665**								
拔节期	-0.255	-0.179	-0.382*	-0.547*	-0.751**	-0.715**	-0.520**	-0.462**	-0.396*	-0.216				
孕穗期	-0.451**	-0.22	-0.427**	-0.517**	-0.656**	-0.591**	-0.445**	-0.547**	-0.521**	-0.346*	-0.422**	-0.276		
抽穗期	-0.457**	-0.322	-0.374*	-0.531**	-0.593**	-0.641**	-0.529**	-0.539**	-0.460**	-0.332*	-0.348*	-0.333*	-0.188	
开花期	-0.444**	-0.312	-0.372*	-0.492**	-0.585**	-0.658**	-0.533**	-0.546**	-0.450**	-0.343*	-0.319	-0.367*	-0.3	
乳熟期	-0.501**	-0.307	-0.343*	-0.455**	-0.536**	-0.557**	-0.515**	-0.471**	-0.405*	-0.359*	-0.373*	-0.343*	-0.341*	-0.464**
成熟期	-0.223	-0.126	-0.235	-0.445**	-0.514**	-0.406*	-0.373*	-0.389*	-0.403*	-0.292	-0.198	-0.307	-0.273	-0.482**

注:* 表示通过0.05 的显著性检验,** 表示通过 0.01 的显著性检验,下同。

表 5　返青—成熟期与主要旬日照时数相关系数

	2月上旬	2月中旬	2月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬	4月上旬	4月中旬	5月下旬
返青期	-0.203	-0.436**	-0.055	-0.186	0.3				
拔节期	-0.055	-0.293	-0.217	-0.284	0.189	-0.207	-0.14	-0.204	
孕穗期	-0.19	-0.397*	-0.109	-0.321	0.135	-0.347*	-0.341*	-0.287	
抽穗期	-0.228	-0.389*	-0.089	-0.31	0	-0.334*	-0.304	-0.268	-0.325
开花期	-0.209	-0.356	-0.141	-0.401*	0.032	-0.313	-0.298	-0.293	-0.381*
乳熟期	-0.091	-0.202	-0.075	-0.301	0.007	-0.328*	-0.209	-0.263	-0.364*
成熟期	-0.336*	-0.547**	-0.196	-0.309	0.182	-0.295	-0.164	-0.377*	-0.191

短趋势,但结合表 1、表 3 可知,冬小麦越冬开始期与成熟期无显著变化，且该时段内各生育期日数仅乳熟—成熟期间隔显著延长，其它各生育期未出现明显变化，这一方面保证了冬小麦开春后吸收充足的光热水资源，另一方面也说明全生育期日数缩短主要是播期推迟造成的。

表 6　全生育期长与各要素的相关系数

	春季	夏季	秋季	冬季
温度	-0.572**	-0.396*	-0.255	-0.256
降水	0.22	0.071	0.062	-0.016
日照	-0.294	-0.137	-0.033	-0.016

2.4.2　气象要素对冬小麦产量的影响

计算冬小麦气候产量与生长季各旬平均温度、降水、日照时数、年极端最低气温、各阶段>0 ℃积温、越冬期负积温、旬平均雪深的相关系数,表 7 列出了通过显著性检验的 7 个气象要素。

气候产量与播种期降水、越冬前日照呈正相关，是因为播期充足的降水可以增加土地含水率，缩短出苗天数,增加出苗率。11 月中、下旬冬小麦进入抗寒锻炼第一阶段，日光充足凉爽的天气有利于冬麦体内糖分的积累，可溶性糖分含量直接影响到抵御冬季低温的能力,还关系到翌年生命活动。

表 7　新源县冬小麦气候产量与要素相关系数

10月上旬降水量	11月下旬日照时数	1月中旬平均气温	2月上旬平均气温	越冬期负积温	3月中旬平均雪深	3月下旬日照时数
0.334*	0.340*	0.330*	0.403*	0.372*	-0.328*	-0.351*

新源县 1 月中旬是最冷旬,2 月上旬气温下降的趋势系数最大，冬季这两旬平均气温和越冬期负积温与冬小麦气候产量呈显著正相关。由于新源县冬小麦播种晚,冬前正积温不够,有的年份麦苗未达到长出 2~3 个分蘖的壮苗标准,甚至还未到三叶期就进入越冬期开始休眠。在稳定积雪覆盖下,越冬期温度高,冬小麦有缓慢的生长过程,弥补了冬前生育期不足,利于分蘖数的增加[18]。

3 月中旬雪深与气候产量呈显著负相关，此时雪深厚则麦苗在雪下持续时间长,植株返青慢,长势弱,分蘖成穗低,容易减产,另一方面越冬期太长容易引发雪腐病。近 37 a 新源县 3 月各旬增温明显，促进积雪融化,缩短越冬期,大大降低了雪腐病的发生。

3 月中下旬冬麦返青开始恢复生长，进入光照

阶段,穗分化开始,穗分化时间长可以增加每穗的穗粒数,但长日照促进穗分化,缩短发育期 ,不利于穗粒数增加。

这 7 个要素虽然与气候产量相关关系显著,但 37 a 来变化都不显著, 对增加气候产量的作用有限。根据上述分析如果新源县冬小麦播种期提前至 9 月下旬,较平均播期(10 月上旬)气温高、降水少,针对播前墒情比较差、未造墒的地块,播种应及时浇蒙头水,促进种子吸水萌发。

3 结论与讨论

新源县冬小麦生育期以越冬开始为界, 之前主要生育期显著推迟, 之后主要生育期除成熟期提前趋势不显著,其它均显著提前。越冬开始期近 37 a 基本出现在 11 月下旬。从年代变化看,播种期及受其影响的出苗期变幅最大,达 20 d 左右;拔节至乳熟之间各生育期变幅在 10 d 左右;返青期、成熟期变幅最小。

冬小麦全生育期显著缩短, 主要是播种期延迟造成的,播种期温度偏低,无法在入冬前形成壮苗,建议播种期提前至 9 月第六候, 如果此阶段温度偏高,可适当推迟至 10 月第一候。出苗—越冬开始期缩短、乳熟—成熟期延长趋势均通过了显著性检验,其它各生育期之间间隔变化不显著, 所以冬小麦返青后有足够的时间吸收光热水资源。

冬小麦春、夏季处于旺盛生长阶段,新源县光热水资源主要集中在该阶段, 水热同季对冬小麦生长有利。尽管春、夏季温度呈极显著上升趋势,但由于同期小麦生长各生育期呈提前趋势,因此小麦春、夏季各生育期的温度条件仍在适宜范围内。

影响新源县冬小麦气候产量的气象要素变幅不显著,增加气候产量要从播期入手,选择合适播期,浇蒙头水,促进出苗率,增加冬前积温,形成壮苗。若播种期受降雨的影响推迟,则应加大播种量,确保出苗率和基本苗[19]。

新源县属于灌溉农业区,以水浇地为主,一般在拔节与乳熟期有人工灌溉满足冬小麦对水分的需求,降水对新源县冬小麦的影响较小可能与此有关。本文仅考虑了温度、降水、日照对冬小麦的影响,有一定的局限性,有待于进一步的研究。

参考文献:

[1] IPCC.2013.Climate Change 2013:The Physical Science Basis:Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.Cambridge: Cambridge University Press.

[2] 李新周,刘晓东,马柱国.近百年来全球主要干旱区的干旱化特征分析[J].干旱区研究,2004,21(2):97-103.

[3] 胡毅,李萍,杨建功,等.应用气象学[M].2 版.北京:气象出版社,2005:1-3.

[4] 权畅,景元书,谭凯炎.气候变化对三大粮食作物产量影响研究进展[J].中国农学通报,2013,29(32):361-367.

[5] 肖登攀,陶福禄.过去 30 年气候变化对华北平原冬小麦物候的影响研究[J].中国生态农业学报,2012,20(11):1539-1545.

[6] 侯学会,隋学艳,姚慧敏,等.中国北方麦区冬小麦物候期对气候变化的响应[J].麦类作物学报,2019,39(2):202-209.

[7] 檀艳静.1981—2016 年河南省冬小麦产量对气象因素变化的响应[J].气象与环境科学,2018,41(4):108-116.

[8] 王鹤龄,王润元,张强,等.甘肃省旱作区越冬作物对气候暖干化的响应及其原因研究[J].冰川冻土,2011,33(5):1040-1045.

[9] 陈颖,李维京,史红政,等.不同气候背景下新疆冬季极端冷(暖)事件的变化特征[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(4):17-24.

[10] 曹占洲,毛炜峄,陈颖,等.近 50 年气候变化对新疆农业的影响[J].农业网络信息,2013(6):123-126.

[11] 田彦君,张山清,徐文修,等.北疆农业热量资源时空变化及其对熟制的影响研究 [J]. 干旱地区农业研究,2016,34(5):227-233,239.

[12] 郝宏飞,辜永强,郝宏蕾.巴楚县冬小麦生育期气温变化及其对小麦产量的影响 [J]. 沙漠与绿洲气象,2016,10(5):52-57.

[13] 潘冬梅. 吉木乃县近 50 年积温变化特征及其对小麦产量的影响分析[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(3):70-74.

[14] 程德瑜.农业气候学[M].北京:气象出版社,1994:27.

[15] 魏庆伟,石俊峰,张亿博.冬小麦趋势产量与气象产量分离方法对比分析[J].山东农业科学,2019,51(8):127-132.

[16] 张学文,张家宝.新疆气象手册[M].北京:气象出版社,2006:237-239.

[17] 中国农业百科全书总编辑委员会农业气象卷编辑委员会,中国农业百科全书编辑部.中国农业百科全书:农业气象卷[M].北京:农业出版社,1986:336.

[18] 王建书,徐关印,卢彦琦,等.越冬期升温幅度和持续时间对冬小麦生长发育的影响[J].河南农业科学,2012,41(5):23-25.

[19] 赵花荣,任三学,齐月,等.基于分期播种试验的冬小麦越冬冻害调查分析[J].干旱气象,2019,37(4):648-655.

Response of Winter Wheat to Climate Change in Xinyuan County

YAN Hua[1],MA Yuping[2],YAN Zhongwen[1]
(1.Xinyuan Meteorological Bureau,Xinyuan 835800,China;
2. Yili Meteorological Bureau,Yining 835000,China)

Abstract Based on the data of growth period,yield,temperature,precipitation and sunshine hours of winter wheat during 1982—2018 from Xinyuan station,the response of winter wheat to climate change in Xinyuan county in recent 37 years was studied by using linear regression,Pearson correlation coefficient,3a linear moving average and other statistical methods. The results showed that in recent 37 years the pre-winter growth period of winter wheat in Xinyuan County was significantly delayed,the stage from turning green to milk maturity was significantly advanced. The growth period in spring and summer were mainly affected by the temperature in early and mid-March. The stage of emergence to the beginning of overwintering was shortened significantly,and the stage of milk ripening to maturity was significantly prolonged. There was no significant change in the interval between other growth stages. The whole growth period was shortened because the sowing date was significantly delayed. The climatic yield of winter wheat was significantly correlated with the meteorological elements during the vegetative growth stage. Significant delay in sowing date led to insufficient heat accumulation before winter. It is suggested that sowing date should be about 10 days earlier,which is conducive to forming strong seedlings.

Key words Xinyuan county;winter wheat;climate change;growth period;climatic yield