

昌吉市近 50 年春播期浅层地温变化特征分析

简咏梅, 李 奇

(昌吉州气象局, 新疆 昌吉 831100)

摘要: 采用昌吉市一般气候站 1970—2019 年逐月浅层地温观测资料, 利用气候倾向率、累积距平、回归分析等统计方法, 对昌吉市近 50 年春播期(4—5月)浅层地温的变化特征、趋势及突变年份进行分析。结果表明, 近 50 年昌吉市春播期气温呈明显升高趋势, 0~20 cm 各土层地温的变化趋势不显著。在年代际变化上, 平均气温和 0 cm 土层地温呈现出先升后降的特征, 1970—2009 年为上升趋势, 2010 年以来呈下降趋势。5、10、15、20 cm 土层地温均呈先降后升再降的特征, 1979—1989 年呈下降趋势, 1990—2009 年呈上升趋势, 2010 年以来呈现下降趋势。从春播期平均气温和各层地温的每 10 年平均对比分析看, 气温和各层地温在 2000—2009 年平均值均出现了最大值, 表明 2000—2009 年为近 50 年中气温和地温最高的 10 年。通过累积距平法可知, 昌吉市近 50 年春播期平均气温在 1996 年出现了明显转折, 之前累积曲线基本上呈下降趋势, 气温以负距平为主; 之后累积曲线呈明显上升趋势, 气温以正距平为主。0 cm 土层平均地温在 1990、2008 年出现了明显转折。1990 年之前累积曲线呈明显下降趋势, 地温以负距平为主; 1991—2008 年累积曲线呈明显上升趋势, 地温以正距平为主。2008 年之后累积曲线呈下降趋势, 地温以负距平为主; 5、10、15、20 cm 土层地温累积距平曲线趋势较为一致, 均在 1996 年和 2008 年出现了突变。

关键词: 昌吉市; 春播期; 浅层地温; 特征

中图分类号: S152 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)11-0050-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.11.011

Analysis on Characteristics of Shallow Ground Temperature During Sowing Time of 50 Years in Changji City

JIAN Yongmei, LI Qi

(Changji Meteorological Bureau, Changji Xinjiang 831100, China)

Abstract: In this paper, monthly shallow ground temperature observation data from the general climate station of Changji City from 1970 to 2019 were used to analyze the variation characteristics, trends and abrupt changes of shallow ground temperature in the sowing time (from April to May) of 50 years in Changji City by

收稿日期: 2021-08-24

作者简介: 简咏梅(1976—), 女, 新疆昌吉人, 副高级工程师, 在读硕士, 研究方向为气象服务与应用气象。联系电话: (0)18999266012。Email: 54423391@qq.com。

通信作者: 李 奇(1963—), 男, 新疆昌吉人, 副高级工程师, 研究方向为气象服务与应用气象。Email: 573339528@qq.com。

(4): 57-59.

- [8] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业行业标准植物新品种(系)特异性、一致性和稳定性测试指南番茄: NY/T2236—2012 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2012.

- [9] 冯 岩, 李朝平, 朱龙英, 等. 番茄果实可

溶性固形物研究进展[J/OL]. 分子植物育种: 1-6[2021-10-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20210122.1747.022.html>.

- [10] 刘 爽. 番茄心室形成研究进展[J]. 农学学报, 2018, 8(12): 58-61.

(本文责编: 郑立龙)

using statistical methods such as climatic tendency rate, cumulative anomaly and regression analysis. The results showed that the sowing time temperature in Changji City of 50 years presented a significant increase trend, while the change trend of the ground temperature in each shallow layer 0~20 cm was not significant. In terms of the interdecadal variation, the average temperature and the ground temperature of 0 cm show the characteristics of rising first and falling later, the trend of which is rising from 1970 to 2009, and declining since 2010; The ground temperature at 5 cm, 10 cm, 15 cm and 20 cm all showed the characteristics of first decreasing, then increasing, then decreasing. The ground temperature showed a downward trend from 1970 to 1989, an upward trend from 1990 to 2009 and a downward trend since 2010. As can be seen from the comparison and analysis of the average temperature during sowing time and the average temperature of each layer in each decade, the 10-year average temperature and ground temperature of each layer in 2000—2009 both reached the maximum value, indicating that 2000—2009 was the decade with the highest temperature and ground temperature in nearly 50 years. According to the cumulative anomaly method, the average temperature in the sowing time of nearly 50 years in Changji City appeared an obvious turning point in 1996. Before that, the cumulative curve basically showed a downward trend, with the temperature mainly negative anomaly. After that, the cumulative curve showed an obvious upward trend, with the temperature mainly positive anomaly; The average ground temperature of 0 cm changed significantly in 1990 and 2008. Before 1990, the cumulative curve showed a significant downward trend, with the ground temperature dominated by negative anomaly. From 1991 to 2008, the cumulative curve showed a significant upward trend, with the ground temperature dominated by positive anomaly. After 2008, the cumulative curve showed a downward trend, and the ground temperature was mainly negative anomaly; The average ground temperature cumulative anomaly curves of 5 cm, 10 cm, 15 cm and 20 cm have the same trend, and all showed abrupt changes in 1996 and 2008.

Key words: Changji City; Sowing time; Shallow ground temperature; Characteristics

地温是表征土壤热特性的重要指标之一,对区域气候和植物生长均具有重要影响。陆晓波等^[1]发现,全国年平均地温的年代际变化大致经历了3个阶段,即地温下降阶段、相对气候冷期和90年代后期的升温阶段;强玉柱等^[2]研究了气候变化对天水市浅层地温的影响,发现天水市各浅层平均地温经历了“冷—暖”的演变过程;张新军等^[3]发现,乌鲁木齐近50年(1962—2011年)0~20 cm土层平均地温总体呈上升趋势。土壤温度与农业生产和生态环境紧密相关。张翠华等^[4]研究了浅层地温变化对石家庄地区主要农作物的影响,阿布都克日木·阿巴司等^[5]研究了巴楚县浅层地温对春季物候的影响,结果表明,浅层地温不仅对土壤中氮、磷、钾等物质的转化过程有影响,决定土壤资源质量的高低。同时地温还对作物种子萌发、生长发育、产量有着重要影响^[6-8]。

昌吉市位于天山北麓,亚欧大陆腹地,

地处东经86°24'~87°37',北纬43°06'~45°20',属中温带大陆性干旱气候区。有可用耕地8.00万hm²,可利用草场54.60万hm²,土壤有机质含量高,适应种植各种农作物。全市每年作物播种面积约4.67万hm²,盛产小麦、玉米、水稻、棉花、糖料、油料、西甜瓜和各类水果。昌吉市历年春播期一般在4月上旬至5月下旬(4月10日至5月20日)。据农业部门分析,棉花应在5 cm土层土壤温度稳定在14℃以上时适时早播,一般以4月20—25日为宜;10 cm土层土壤温度稳定通过15℃时是西瓜、甜瓜播种和茄子、茼蒿的定植时间;马铃薯在10 cm土层土壤温度达7℃时即可播种;青贮玉米则需10 cm土层土壤温度稳定在10~12℃以上时播种。为加强春播期农业气象服务工作和为农服务“两个体系”建设,寻找本地区最适宜的播种期,准确地指导农业生产,需要加强对昌吉市浅层地温的变化进行研究分析。

1 资料与方法

1.1 资料选取

采用昌吉市一般气候站 1970—2019 年逐月浅层地温观测资料, 利用气候倾向率、累积距平、回归分析等统计方法, 对昌吉市近 50 年春播期(4—5 月)0、5、10、15、20 cm 土层地温的变化特征、趋势及突变年份进行分析。

1.2 研究方法

1.2.1 线性倾向估计法 浅层地温的变化趋势采用气候倾向率表征, 用一元线性回归函数表示, 即:

$$Y=a+bt$$

式中, Y 为平均地温, a 为回归常数, t 为时间变量, 定义 $b_1=b \times 10$ 表示为地温每 10 年的气候倾向率。

1.2.2 累积距平法 距平表示气候要素值与多年平均值的偏差。是一种常用的, 用曲线直观判断变化趋势及突变时间的方法^[7]。

1.2.3 回归分析 利用统计回归方法建立春播期年平均气温与各浅层地温之间的线性相

关性并进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 近 50 年春播期平均地温变化趋势

从图 1 可以看出, 近 50 年昌吉市春播期 0、5、10、15、20 cm 土层地温平均值随着土层深度加深依次降低, 分别为 19.13、17.05、16.31、15.84、15.23 °C。0~20 cm 土层地温的变化趋势基本一致, 除 0 cm 土层地温外, 其他不同深度土层地温的最大值和最小值出现的时间相同(最大值均出现在 1997 年, 最小值均出现在 2010 年)。0、5、10、15、20 cm 土层地温 1970 年以来的气候倾向率分别为 0.300、-0.095、-0.079、0.006、0.043/10 a。不同土层深度的气候倾向率不尽相同, 0、15、20 cm 土层地温均呈现出逐年增加的趋势, 其中 0 cm 土层地温的增幅最为显著, 其次是 20 cm 土层和 15 cm 土层; 5、10 cm 土层地温呈现出缓慢下降趋势。虽然春播期气温波动剧烈, 但较前期呈升温趋势, 热量自土壤表层向下传递, 因此较深层地温低于较浅层地温。不同

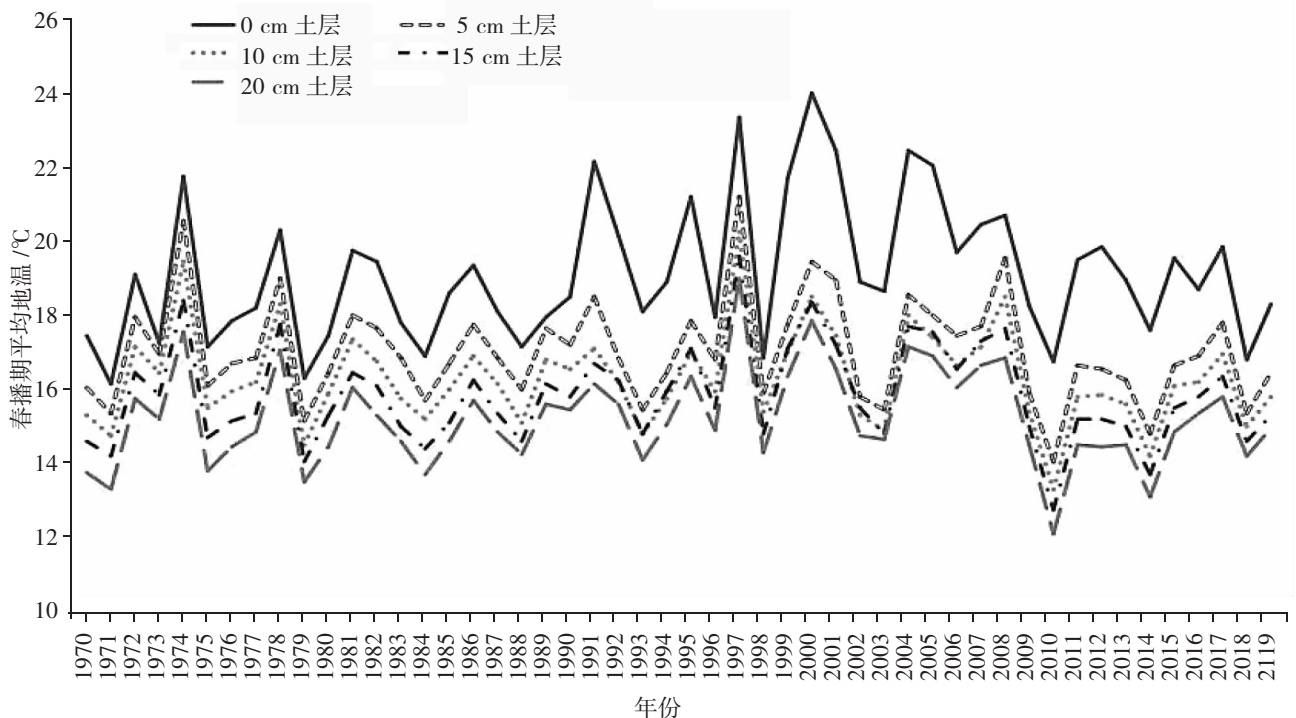


图 1 1970—2019 年昌吉市春播期 0、5、10、15、20 cm 土层平均地温

深度地温受气候变暖影响程度不同，0 cm 土层地温变化速率最大，15 cm 土层地温变化速率最小。

2.2 气温和地温的年代际变化特征分析

从图 2、表 1 可以看出，昌吉市近 50 年春播期平均气温总体呈现显著上升趋势，不同土层(0~20 cm)地温的变化趋势均不显著。在年代际变化上，平均气温和 0 cm 土层地温呈现先升后降的特征，1970—2009 年为上升趋势，2010 年以来呈下降趋势；5、10、15、20 cm 土层地温均呈先降后升再降的特征，1970—1989 年间呈下降趋势，1990—2009 年间呈上升趋势，2010 年以来呈下降趋势。

从春播期平均气温和各层地温的每 10 年平均对比分析可以看出，10 a 平均气温和

各层地温在 2000—2009 年时均出现了最大值，表明 2000—2009 年是近 50 年中气温和地温最高的 10 年。计算气温和各层地温的相邻 10 年平均值差值可知，除气温外，各层地温在 2010—2019 年 10 a 平均较前 10 年变幅最大。具体来说，平均气温较 2000—2009 年下降了 0.83 ℃，0、5、10、15、20 cm 土层平均地温分别下降了 2.17、1.53、1.45、1.82、1.81 ℃。而气温及各土层地温在 1980—1989 平均较前 10 年变幅最小。表明气温和各层地温变幅阶段性特征明显，不同年代变化幅度不同，近 10 年昌吉市浅层地温出现了转折性变化。

从表 2 可以看出，近 50 年昌吉市春播期平均气温总体呈现上升趋势，相关系数通过 0.05 显著性检验，表明气温的上升趋势

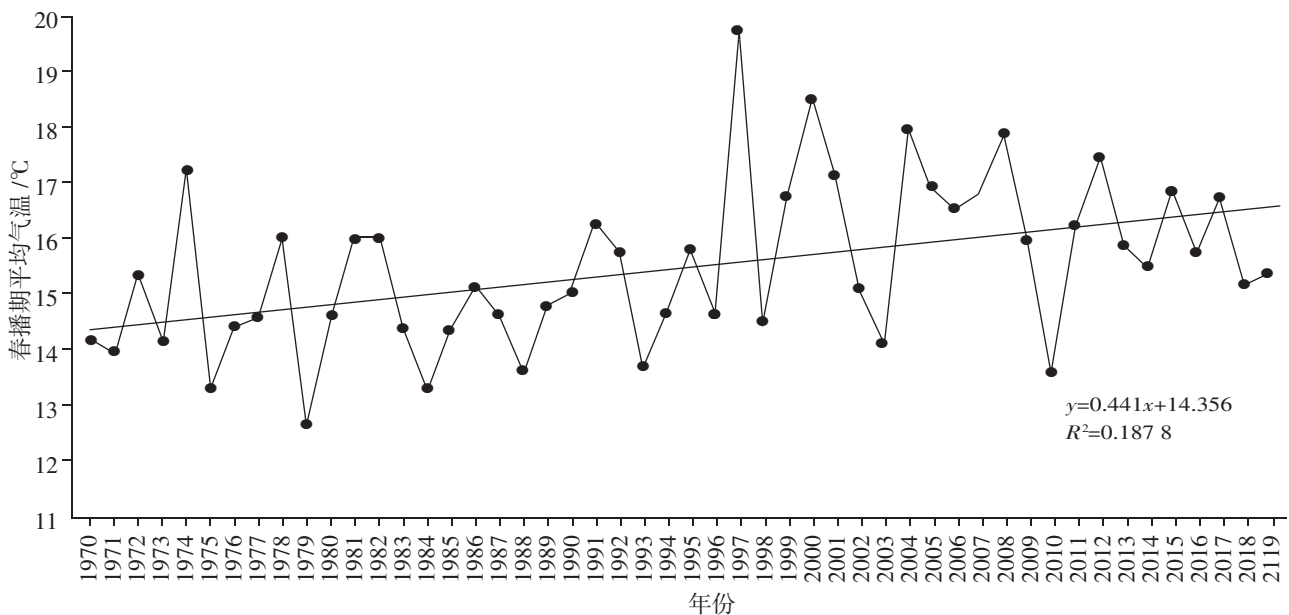


图 2 昌吉市近 50 年春播期平均气温线性变化趋势

表 1 昌吉市春播期平均气温与各土层地温

年代际	平均气温	各土层地温				
		0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
1970—1979年	14.56	18.15	17.07	16.36	15.65	14.92
1980—1989年	14.67	18.25	16.96	16.19	15.47	14.91
1990—1999年	15.67	19.89	17.40	16.60	16.36	15.73
2000—2009年	16.67	20.76	17.68	16.93	16.76	16.19
2010—2019年	15.84	18.59	16.15	15.48	14.94	14.38
平均	15.48	19.13	17.05	16.31	15.84	15.23

℃

表 2 昌吉市春播期平均气温与各土层地温的气候倾向率、相关系数^①

春播期平均气温与各土层地温	气候倾向率	相关系数
平均气温	0.441	0.418*
0 cm 土层地温	0.300	0.207
5 cm 土层地温	-0.095	0.126
10 cm 土层地温	-0.079	0.119
15 cm 土层地温	0.006	0.027
20 cm 土层地温	0.043	0.008

①* 表示相关系数能通过 0.05 的显著性检验。

显著。而 0~20 cm 各土层地温的相关系数均未能通过 0.05 显著性检验，表明其变化趋势不显著。虽然近 50 年昌吉市春播期平均气温为 15.48 ℃，除高于 20 cm 土层平均地温 0.25 ℃外，低于近 50 年其他各层地温 0.36~3.65 ℃。但近 50 年平均气温的气候倾向率为 0.441/10 a，高于 0~20 cm 土层地温的气候倾向率，表明气温对气候变化的响应更为快速，变化更为显著。

2.3 气温与地温的气候突变和异常特征分析

通过累积距平法分析相关数据可知，昌吉市近 50 年春播期平均气温在 1996 年出现了明显转折，在这之前累积曲线基本上呈下降趋势，气温以负距平为主；之后累积曲线呈明显上升趋势，气温以正距平为主。1970—1996 年平均气温距平为 -0.74 ℃，而 1997—2019 年平均气温距平为 0.87 ℃，说明平均气温从 1970—1996 年至 1997—2019 年上升了 1.61 ℃。

昌吉市近 50 年春播期 0 cm 土层平均地温在 1990、2008 年出现了明显转折。1990 年之前累积曲线呈明显下降趋势，地温以负距平为主；1991—2008 年累积曲线呈明显上升趋势，地温以正距平为主。2008 年之后累积曲线呈下降趋势，地温以负距平为主。分析表明，近 50 年春播期 5、10、15、20 cm 土层平均地温累积距平曲线趋势较为一致，均在 1996 年和 2008 年出现了突变。

1996 年以前，5~20 cm 土层平均地温累积距平曲线频繁波动，1997—2008 年累积曲线呈明显上升趋势，地温以正距平为主；2009—2019 年累积曲线呈明显下降趋势，地温以负距平为主。

对比气温和地温可知，气温整体波动幅度较各层地温波动幅度大。1996 年突变之前气温下降速率较大，而在突变之后呈现明显的增暖趋势。0 cm 土层平均地温受气温变化影响较大，但反应速度略为滞后；0~20 cm 土层平均地温均在 2008 年出现了突变，下降趋势明显。

2.4 气温和各土层地温的相关性分析

由图 3 可以看出，气温和 0 cm 土层地温的相关系数达 0.877 4，相关性显著。同理，气温和其余各层地温的相关系数为 0.774 2~0.807 6（表 3），表明春播期气温与

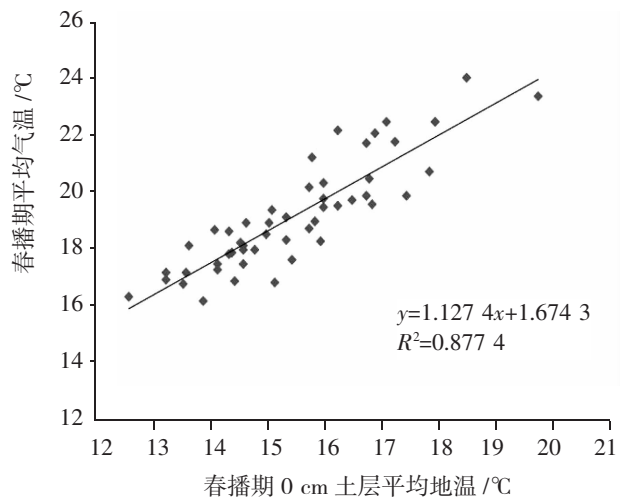


图 3 春播期平均气温和 0 cm 土层地温相关性分析

表 3 春播期平均气温与各土层平均地温回归关系及相关系数

土层深度 /cm	回归方程	相关系数
0	$y = 1.1274x + 1.6743$	0.8774
5	$y = 0.7472x + 5.4817$	0.7742
10	$y = 0.6957x + 5.5404$	0.7830
15	$y = 0.7278x + 4.5702$	0.8076
20	$y = 0.7226x + 4.0391$	0.8068

浅层地温之间存在较强的相关性,其变化趋势具有较好的一致性。

3 结论与讨论

近 50 年昌吉市 4—5 月春播期气温呈明显升高趋势,0~20 cm 各土层地温的变化趋势不显著。在年代际变化上,平均气温和 0 cm 土层地温呈现出先升后降的特征,1970—2009 年为上升趋势,2010 年以来呈现下降趋势;而 5、10、15、20 cm 土层地温均呈现出先降后升再降的特征,1979—1989 年呈下降趋势,1990—2009 年间呈现出上升趋势,2010 年以来呈现下降趋势。从春播期平均气温和各层地温的每 10 年平均对比分析可以看出,气温和各层地温在 2000—2009 年 10 a 的平均值均出现了最大值,表明 2000—2009 年是近 50 年中气温和地温最高的 10 年。气温和各层地温变幅阶段性特征明显,不同年代变化幅度有所不同,近 10 年昌吉市浅层地温出现了转折性变化。通过累积距平法可知,昌吉市近 50 年春播期平均气温在 1996 年出现了明显转折,在这之前累积曲线基本上呈下降趋势,气温以负距平为主,在这之后累积曲线呈明显上升趋势,气温以正距平为主。0 cm 土层平均地温在 1990、2008 年出现了明显转折,1990 年之前累积曲线呈明显下降趋势,地温以负距平为主;1991—2008 年累积曲线呈明显上升趋势,地温以正距平为主。2008 年之后累积曲线呈下降趋势,地温以负距平为主;5、10、15、20 cm 土层平均地温累积距平曲线趋势较为一致,均在 1996 年和 2008 年出现了突变。1996 年以前,5~20 cm 土层平均地温累积距平曲线频繁波动,1997—2008 年累积曲线呈明显上升趋势,地温以正距平为主。2009—2019 年累积曲线呈明显下降趋势,地温以负距平为主。

综上,昌吉市春播期浅层地温波动幅度

较大,不利于农作物种子的萌发和出苗,增加了播种期的不确定性^[9],建议选择地温趋于稳定时播种。此外,浅层地温的影响因素较多,除受气温影响外,还受到太阳辐射、土壤性质等多种因素影响^[10],需要进一步研究,建立预报模型,指导昌吉市农业播种时间。

参考文献:

- [1] 陆晓波,徐海明,陈丞虎,等.中国近 50 年地温变化特征[J].南京气象学报,2014,29(5):706-712.
- [2] 强玉柱,蒲金涌,刘扬,等.天水市近 50 年浅层地温变化特征分析[J].中国农学通报,2013,29(35):317-322.
- [3] 张新军,刚波,马亚伟,等.近 50 年乌鲁木齐浅层地温变化特征分析[J].青海气象,2017,62(4):2-7.
- [4] 张翠华,张文煜.浅层地温变化对石家庄农作物生长的影响[J].西北农林科技大学学报,2013,41(7):54-59.
- [5] 阿布都克日木·阿巴司,热汗古力·库得热提,努尔帕提曼·买买提热依木,等.新疆巴楚浅层地温变化对春季物候的影响[J].沙漠绿洲与气象,2014,8(6):53-55.
- [6] 谭艳立,罗菊英,向远.近 50 年恩施市气温与浅层地温变化特征及其相关性分析[J].高原山地气象研究,2018,38(2):42-48.
- [7] 高山,陈星宜,曾涛.中宁县与沙坡头区兴仁镇枸杞生长气象条件差异分析[J].甘肃农业科技,2021,52(4):52-56.
- [8] 张延红,何春雨,高素芳,等.菘蓝种子发芽标准化研究[J].甘肃农业科技,2021,52(1):44-47.
- [9] 季贺成,孙立德,孙子媛.喀左县近 30 年春播期浅层地温变化特征分析[J].吉林农业,2019,31(7):102.
- [10] 张焕平,汪青春.近 40 年青海浅层地温的变化特征[J].中国农业气象,2013,34(2):146-152.

(本文责编:杨杰)