

新疆库尔勒香梨种植区1961~2017年气候变化特征及未来气候影响分析

顾雅文¹, 傅玮东^{1*}, 杨志明²

¹新疆农业气象台, 新疆 乌鲁木齐

²新疆气候中心, 新疆 乌鲁木齐

Email: 723nianshi@163.com, *390555321@qq.com

收稿日期: 2020年12月8日; 录用日期: 2021年1月2日; 发布日期: 2021年1月8日

摘要

利用1961~2017年新疆库尔勒香梨主要种植区气象资料, 分析57a来区域气候变化特征以及未来80a(2018~2097年)气候变化对库尔勒香梨的可能影响。结果表明: 1) 57a来, 库尔勒香梨主要种植区年平均气温、年降水量、主要生长季(4~10月)平均降水量以及日平均气温稳定通过0℃、10℃、20℃的平均积温均呈显著或较显著增加趋势; 冬季日最低气温≤-20℃、-22℃、-24℃的平均日数均呈不显著的减少趋势; 无霜期呈较显著延长趋势。2) 未来80a, 库尔勒香梨种植区年平均气温增高、无霜期延长有利于库尔勒香梨生长期的延长; 主要生长季(4~10月)平均降水量呈较显著增加趋势, 有利于果园土壤水分的增加; 库尔勒香梨安全越冬的隐患仍然较大。了解新疆库尔勒香梨主要种植区气候变化特征及未来气候对其的可能影响, 对充分利用气候资源、合理调整新疆特色林果种植结构、提高抵御气象灾害风险能力具有一定重要意义。

关键词

库尔勒香梨主要种植区, 区域气候变化特征, 未来气候影响

Climate Change Characteristics of Korla Pear Planting Area in Xinjiang from 1961 to 2017 and Analysis on Future Climate Impact

Yawen Gu¹, Weidong Fu^{1*}, Zhiming Yang²

¹Xinjiang Agro Meteorological Observatory, Urumqi Xinjiang

²Xinjiang Climate Center, Urumqi Xinjiang

Email: 723nianshi@163.com, *390555321@qq.com

Received: Dec. 8th, 2020; accepted: Jan. 2nd, 2021; published: Jan. 8th, 2021

*通讯作者。

文章引用: 顾雅文, 傅玮东, 杨志明. 新疆库尔勒香梨种植区 1961~2017 年气候变化特征及未来气候影响分析[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(1): 18-26. DOI: 10.12677/ccr.2021.101003

Abstract

Based on the meteorological data from 1961 to 2017 in main planting areas of Korla pear in Xinjiang, the characteristics of regional climate change in the past 57 years and the possible influence of climate change in the future 80 years (2018~2097) on Korla pear were analyzed. The results show that: 1) From 1961 to 2017, the annual average temperature, the annual precipitation, the average precipitation in the main growing season (April to October) and the average accumulated temperature of 0°C, 10°C and 20°C in the main planting areas of Korla pear showed a significant or relatively significant increase trend; the mean days of daily minimum temperature $\leq -20^{\circ}\text{C}$, -22°C and -24°C in winter were not significantly decreased; the frost-free period was significantly prolonged. 2) From 2018 to 2097, the increase of annual average temperature and the extension of frost-free period in Korla will be beneficial to the extension of Korla Pear growth period. The average precipitation in the main growing season (April to October) showed a significant increase trend, which was beneficial to the increase of soil moisture in orchard; the hidden danger of safe winter of Korla pear will be still bigger. To understand the characteristics of climate change and the possible influence of future climate on Korla pear in Xinjiang, it will be of some significance to make full use of climate resources, reasonably adjust the planting structure of characteristic fruits in Xinjiang, and improve the ability of resisting meteorological disaster risk.

Keywords

Main Planting Areas of Korla Pear in Xinjiang, Climate Change Characteristics, Future Climate Impact

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新疆作为世界六大果品生产带之一，种植历史悠久，地方特色鲜明，吐鲁番葡萄、哈密大枣、库尔勒香梨、阿克苏苹果、和田薄皮核桃、莎车巴旦木、精河枸杞等都是享誉国内外的优质特色林果产品。独特的气候优势(热量充足、光照时间长)，造就了新疆名、优、特果品在区内外市场上享有盛誉。

香梨种植区主要分布在孔雀河流域、阿克苏河流域及喀什部分地区，其中品质最优的香梨产区就在库尔勒的孔雀河畔周边，库尔勒香梨是新疆乃至全国名优特产品之一，是新疆原产优质地方梨品种，已有 1300 年栽培历史，主要分布在巴州和阿克苏地区，两地香梨种植面积占全疆的 98%。在 market 需求的带动下，库尔勒香梨种植规模逐年扩大，种植面积由 20 世纪 90 年代初的 5000 公顷发展至目前的 50,000 公顷，总产量由 90 年代初的 $2 \times 10^4 \text{ t}$ 增加到 2017 年的 $85 \times 10^4 \text{ t}$ 。

近年来，以气候变暖为主要特征的气候变化已是全球公认的事实。根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第五次评估报告 (AR5)，未来全球气候变暖仍将持续，且以温度升高为代表的气候变化对我国气候和环境产生了重大影响。农业作为保障人类生存最为关键的部分，受到气候变化的影响更为显著。此外，面对气候变暖的事实，作为受气候变化影响较为直接的利益相关群体，科学预估未来一段时期气候变化及其对新疆库尔勒香梨生产的响应，从而能够适时调整应对策略显得尤为重要。

2. 区域气候变化事实分析

选取库尔勒香梨主要种植区的库尔勒、轮台、阿克苏、库车、阿拉尔等 5 站 1961~2017 年间与库尔勒香梨生长及产量形成密切相关的气象因子[1]-[6]资料进行分析。

2.1. 年平均气温

库尔勒香梨主要种植区 1961~2017 年年平均气温为 11.2℃。57a 来年平均气温呈明显的上升趋势($p < 0.001$), 其线性倾向率为 0.22℃/10a。年平均气温最高值出现在 2007 年, 为 12.3℃; 年平均气温最低值出现在 1967 年, 为 10.0℃ (图 1)。

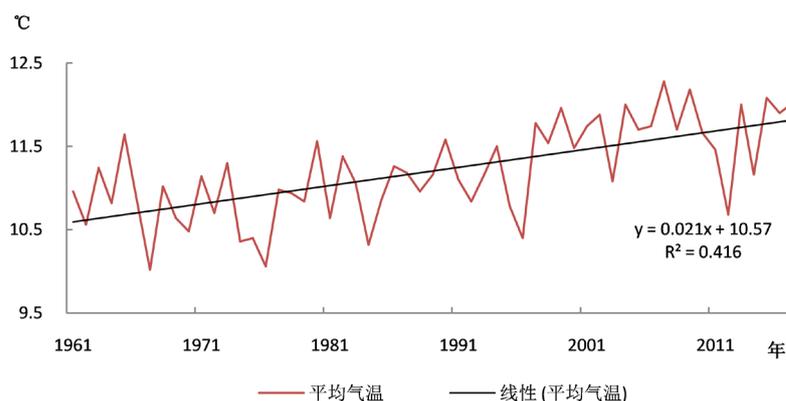


Figure 1. Change trend of annual mean temperature from 1961 to 2017 in Korla pear planting area in Xinjiang
图 1. 库尔勒香梨种植区 1961~2017 年年平均气温变化趋势图(°C)

库尔勒香梨主要种植区年平均气温自 20 世纪 70 年代至 21 世纪 00 年代呈逐年代际增加的趋势(见表 1), 20 世纪 60 年代与 70 年代年平均气温一致, 但近 7 年(2011~2017 年)的年平均气温较前十年略有下降。21 世纪 00 年代年平均气温较 20 世纪 60~90 年代增加了 0.5℃~1.0℃。

Table 1. Interannual variation of annual mean temperature and accumulated temperature of boundary temperature in Korla pear planting area in Xinjiang

表 1. 库尔勒香梨种植区年平均气温及界限温度积温年代际变化

时段	年平均气温/℃	≥0℃积温/℃·d	≥10℃积温/℃·d	≥20℃积温/℃·d
1961~1970 年	10.8	4506.0	4090.9	2436.0
1971~1980 年	10.8	4483.0	4111.6	2089.0
1981~1990 年	11.0	4491.1	4128.3	2248.6
1991~2000 年	11.3	4531.3	4114.1	2236.7
2001~2010 年	11.8	4775.2	4252.8	2661.9
2011~2017 年	11.6	4741.5	4393.0	2533.2

2.2. 积温

1961~2017 年, 库尔勒香梨主要种植区日平均气温稳定通过 0℃、10℃、20℃的平均积温分别为 4579.9℃·d、4170.7℃·d 和 2358.9℃·d。57a 来, 稳定通过 0℃、10℃的积温均呈显著增加趋势($p < 0.001$), 各积温线性倾向率分别为 60.95℃·d/10a 和 52.15℃·d/10a; 稳定通过 20℃的积温则呈较显著增加趋势($p < 0.05$), 倾向率为 64.76℃·d/10a。

$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温最多时段均出现在 2001~2010 年,最少时段均出现在 20 世纪 70 年代; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温最多时段出现在 2011~2017 年,最少时段出现在 20 世纪 60 年代。20 世纪 80 年代至 21 世纪 00 年代间, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温均呈逐年代际增加的趋势,而 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温各年代际间上下波动较大(见表 1)。

2.3. 降水量

库尔勒香梨主要种植区 1961~2017 年的年平均降水量为 64.3 mm。57a 来年降水量呈较明显的增加趋势($p < 0.05$),其线性倾向率为 4.9 mm/10a;1986 年以前以及 2001~2010 年间的年降水量以偏少为主,1987 年以后的大部分时段年降水量明显增多(图 2)。库尔勒香梨主要生长季(4~10 月)平均降水量为 55.9 mm,也呈较显著增加趋势($p < 0.05$),其线性倾向率为 4.2 mm/10a,但低于年降水量的增加速率。

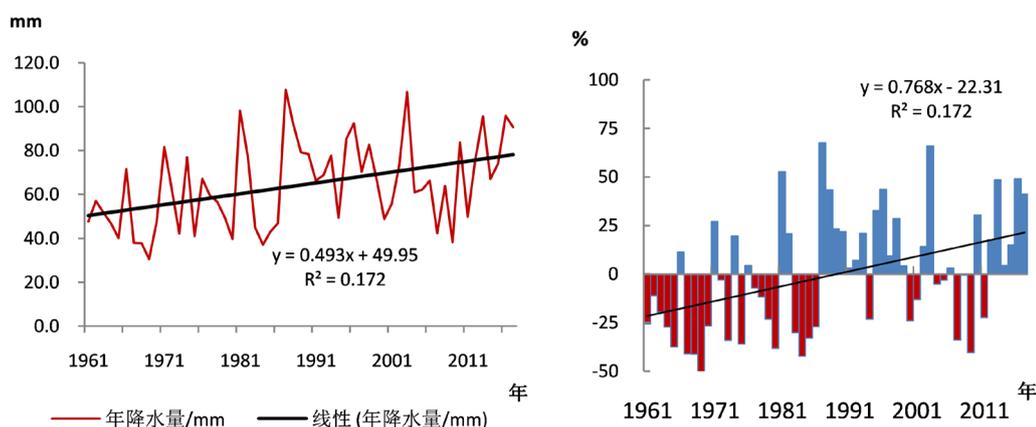


Figure 2. Variation trend of annual precipitation and its anomaly percentage from 1961 to 2017 in Korla pear planting area in Xinjiang

图 2. 库尔勒香梨种植区 1961~2017 年年降水量(mm)及其距平百分率(%)变化趋势图

由表 2 可见: 库尔勒香梨主要种植区 20 世纪 60 年代年平均降水量最少,为 46.9 mm;2011~2017 年平均降水量最多,为 78.4 mm。20 世纪 60 年代至 90 年代间年平均降水量呈逐年代际增加的趋势,而 21 世纪 00 年代年降水量减少,近 7 年降水量又呈增加的趋势。库尔勒香梨主要生长季(4~10 月)平均降水量 20 世纪 60~80 年代呈逐年代际增加的趋势,20 世纪 90 年代至 21 世纪 00 年代呈逐年代际减少的趋势,近 7 年为降水量最多的时段。

Table 2. Interannual variation of annual precipitation and precipitation days in Korla pear planting area in Xinjiang

表 2. 库尔勒香梨种植区年降水量及降水日数年代际变化

时段	年降水量/mm	4~10 月降水量/mm
1961~1970 年	46.9	39.7
1971~1980 年	57.7	51.0
1981~1990 年	70.6	64.2
1991~2000 年	70.9	61.1
2001~2010 年	65.4	53.7
2011~2017 年	78.4	69.7

2.4. 冬季日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、 -22°C 、 -24°C 日数

库尔勒香梨主要种植区 1961~2017 年的冬季日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、 -22°C 、 -24°C 的平均日数分别为 2.0

d、0.8 d 和 0.3 d。57 年来，冬季日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、 -22°C 、 -24°C 的平均日数均呈不显著的减少趋势。

由表 3 可见：20 世纪 90 年代以前冬季日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、 -22°C 的日数呈逐年代际减少的趋势，21 世纪以后开始增多。最多时段均出现在 20 世纪 60 年代，最少时段均出现在 20 世纪 90 年代。而库尔勒香梨种植区 57 年来冬季日最低气温 $\leq -24^{\circ}\text{C}$ 的日数除 1966 年平均出现 11 天以及 1968 年、1975~1977 年、2007 年、2011 年各出现 1 天外，其余年份均未出现。

Table 3. Interannual variation of days on the daily minimum temperature $\leq -20^{\circ}\text{C}$, -22°C and -24°C in winter in Korla pear planting area in Xinjiang

表 3. 库尔勒香梨种植区冬季日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、 -22°C 、 -24°C 日数的年代际变化

时段	冬季日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 日数/d	冬季日最低气温 $\leq -22^{\circ}\text{C}$ 日数/d	冬季日最低气温 $\leq -24^{\circ}\text{C}$ 日数/d
1961~1970 年	3.4	2.2	1.2
1971~1980 年	2.9	0.9	0.2
1981~1990 年	1.4	0.5	0.0
1991~2000 年	0.4	0.0	0.0
2001~2010 年	2.0	0.7	0.1
2011~2017 年	1.7	0.7	0.1

2.5. 初终霜日及无霜期

库尔勒香梨主要种植区 1961~2017 年平均初霜日日期为 10 月 25 日，呈不显著的推后趋势。20 世纪 80 年代出现最早，平均为 10 月 22 日；21 世纪 00 年代出现最晚，平均为 10 月 29 日。1961~2017 年平均终霜日日期为 3 月 23 日，呈较显著的提前趋势($p < 0.05$)，其线性倾向率为 $-1.7\text{d}/10\text{a}$ ，基本上也呈逐年代际减少的趋势。2011~2017 年为终霜出现最早的时段，平均为 3 月 15 日；20 世纪 60 年代出现最晚，平均为 3 月 27 日，相差 12 d (表 4)。

Table 4. Interannual variations of first and last frost days and frost-free periods in Korla pear planting area in Xinjiang

表 4. 库尔勒香梨种植区初终霜日及无霜期的年代际变化

时段	平均初霜日日期	平均终霜日日期	无霜期/d
1961~1970 年	10 月 25 日	3 月 27 日	213
1971~1980 年	10 月 27 日	3 月 25 日	216
1981~1990 年	10 月 22 日	3 月 22 日	215
1991~2000 年	10 月 23 日	3 月 26 日	214
2001~2010 年	10 月 29 日	3 月 20 日	224
2011~2017 年	10 月 26 日	3 月 15 日	223

库尔勒香梨主要种植区 1961~2017 年年平均无霜期为 217.3 d，57 年来呈较显著延长趋势($p < 0.05$)，增幅为 2.1 d/10a (图 3)。从表 4 中可见：20 世纪 70 年代至 90 年代库尔勒香梨主要种植区无霜期呈逐年代际减少的趋势。21 世纪 00 年代为无霜期最多的时段，为 224 d；20 世纪 60 年代为无霜期最少的时段，为 213 d。

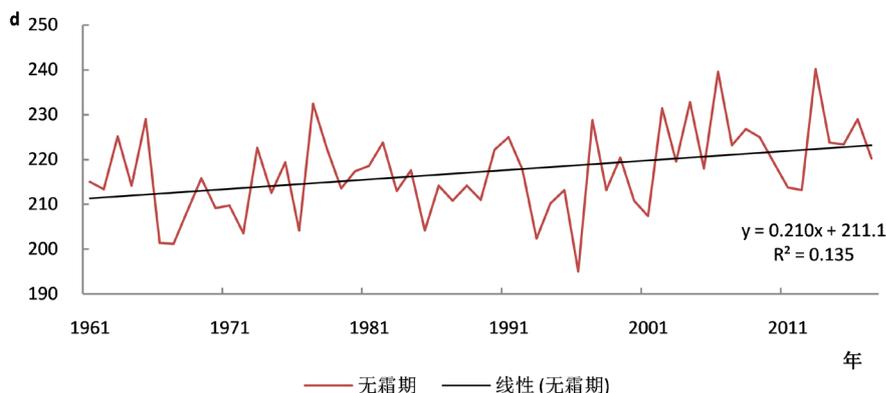


Figure 3. Variation trend of frost-free period from 1961 to 2017 in Korla pear planting area in Xinjiang
图 3. 库尔勒香梨种植区 1961~2017 年无霜期变化趋势图(d)

3. 未来气候变化对库尔勒香梨的可能影响

本文使用 RegCM4.4 区域气候模式对库尔勒香梨主要种植区(经度 80.2°~86.2°、纬度 40.5°~41.9°)未来 80 年(2018~2097 年)进行气候模拟, 主要气象要素为区域内的逐日平均气温、最高气温、最低气温和降水量。

3.1. 未来 80 年气候变化对库尔勒香梨生长期的影响

香梨的生长期长短, 主要由各品种的生物学特性决定, 同时因环境条件尤其是温度的年际变化而有所波动。库尔勒香梨种植区未来 80 年年平均气温为 12.6℃, 较 1961~2017 年区域年平均气温偏高 1.4℃。未来 80 年平均气温呈显著的增加趋势($p < 0.001$), 其线性倾向率为 0.34℃/10a(图 4), 高于 1961~2017 年年平均气温的增幅幅度。此外, 2018~2097 年, 环塔里木盆地库尔勒香梨主要种植区平均无霜期也呈显著增加趋势($p < 0.001$), 其线性倾向率为 3.5 d/10a(图 5)。因此, 未来 80 年, 库尔勒香梨种植区年平均气温增高、无霜期延长有利于库尔勒香梨生长期的延长。

3.2. 未来 80 年气候变化对库尔勒香梨生长发育的影响

由新疆梨的物候资料统计, 梨的不同品种熟型与 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温有关[1]。库尔勒香梨为晚熟品种, 春季日平均气温稳定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 时香梨芽萌发, 秋季日平均气温降至 10°C 左右开始落叶; 营养生长需在日平均气温稳定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 才能进行, 果实生长主要在日平均气温稳定 $\geq 20^\circ\text{C}$ 期间完成[2]。

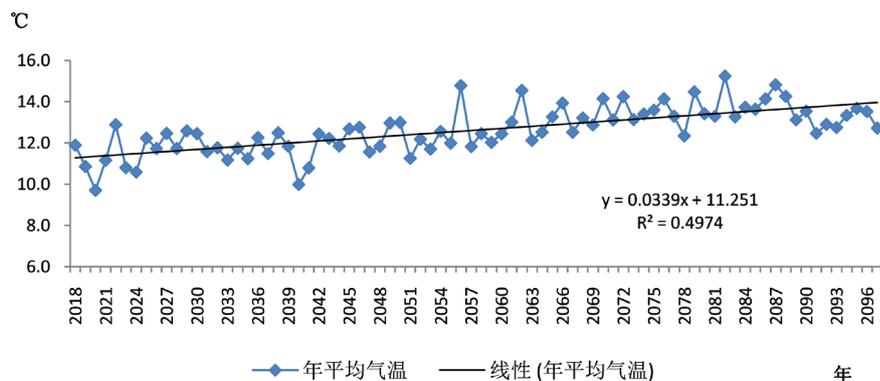


Figure 4. Forecast on the trend of annual mean temperature change in the next 80 years in Korla pear planting area in Xinjiang
图 4. 库尔勒香梨种植区未来 80 年年平均气温变化趋势预估图(°C)

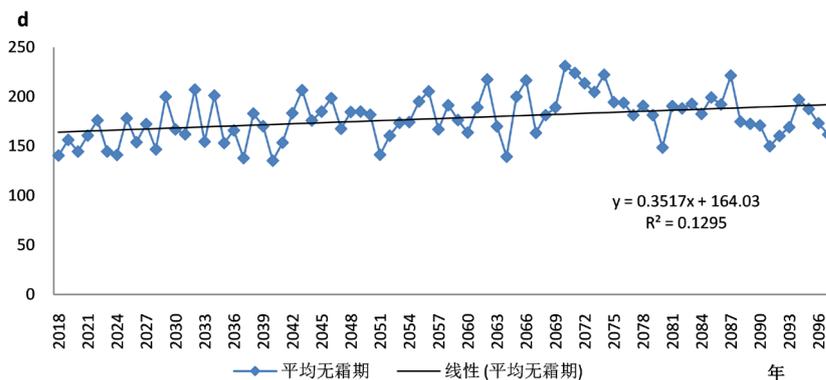


Figure 5. Forecast on annual frost-free period change trend in the next 80 years in Korla pear planting area in Xinjiang
图 5. 库尔勒香梨种植区未来 80 年无霜期变化趋势预估图(d)

库尔勒香梨种植区未来 80 年(2018~2097 年) $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温平均分别为 $4236.59^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 和 $2591.88^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ，均高于 1961~2017 年区域平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温。由图 6 可见：未来 80 年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温均呈显著的增加趋势($p < 0.001$)，线性倾向率分别为 $95.0^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}/10\text{a}$ 和 $109.6^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}/10\text{a}$ ，80 年来积温分别增加了 $760^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 和 $876.8^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ，且都高于 1961~2017 年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温的增幅幅度，有利于库尔勒香梨的营养生长和果实生长，也利于库尔勒香梨种植面积的扩大。

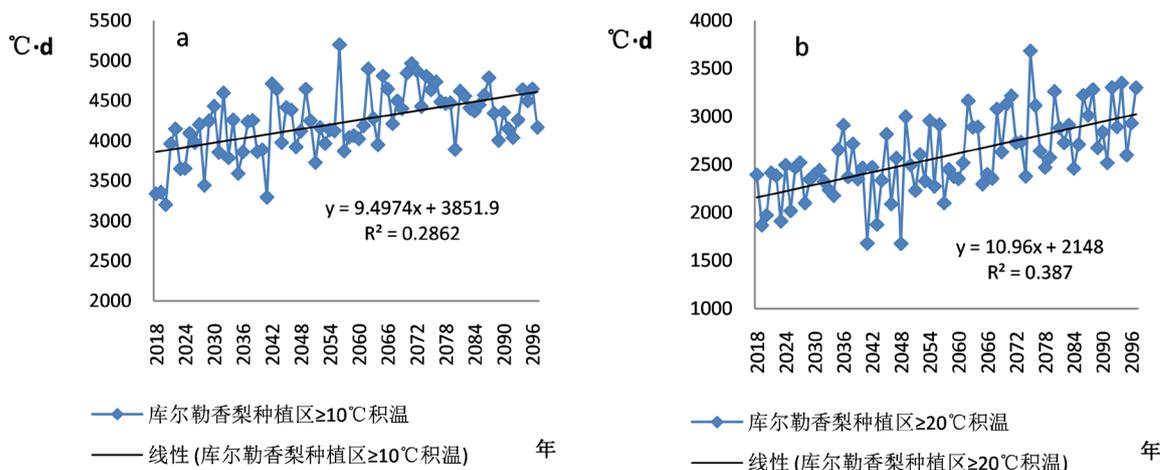


Figure 6. Forecast on accumulated temperature variation trend of $\geq 10^{\circ}\text{C}$ (a) and $\geq 20^{\circ}\text{C}$ (b) in the next 80 years in Korla pear planting area in Xinjiang

图 6. 库尔勒香梨种植区未来 80 年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ (a)、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ (b) 积温变化趋势预估图($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)

香梨果实的生长速率与土壤水分有关。据预估：库尔勒香梨种植区未来 80 年的年平均降水量为 119.2 mm，约比 1961~2017 年区域年平均降水量增加 8 成以上。未来 80 年，年降水量呈显著增加趋势($p < 0.001$)，其线性倾向率为 $4.4\text{ mm}/10\text{a}$ ，略低于 1961~2017 年区域年平均降水量的增幅幅度。其中：未来 80 年，库尔勒香梨主要生长季(4~10 月)平均降水量为 97.8 mm，呈较显著增加趋势($p < 0.05$)，其线性倾向率为 $3.5\text{ mm}/10\text{a}$ ，低于年降水量的增加速率，暖湿化的变化趋势利于库尔勒香梨产量的提高，也有利于果园土壤水分的增加，从而减轻干旱对果实增长及产量、品质的影响。

3.3. 未来 80 年冬季气候变化对库尔勒香梨越冬期冻害的影响

梨的冻害和其他温带果树相似，随低温的加剧和持续时间延长而加重。库尔勒香梨冬季遭受冻害的

临界温度为 -20°C ，即当日最低气温下降至 -20°C 时，香梨枝干受冻；当达到 -22°C 时，大树主杆发生冻害； -24°C 时出现整株冻死。据调查：2003年1月4日，库尔勒市气象站最低气温为 -20.1°C ，香梨遭受冻害；2008年1月30日，库尔勒及其以南地区出现20世纪80年代以来气温最低值 -23.9°C ，且1月底至2月初，连续6天最低气温低于 -20°C ，香梨遭受严重冻害，当年香梨减产28% [7]。

2018~2097年，库尔勒香梨种植区冬季最低气温呈显著的升高趋势($p < 0.001$)，其线性倾向率为 $0.56^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，较有利于香梨安全越冬。但未来80年冬季极端最低气温平均值在 -28.5°C ~ -12.7°C 之间，其中冬季最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的年份约占总年份的28%，说明未来80年库尔勒香梨安全越冬的隐患仍然较大。

此外，未来80年，库尔勒香梨种植区冬季日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、 -22°C 、 -24°C 平均日数分别为1.3 d、0.5 d和0.2 d。期间，各低温日数波动大，均呈不显著的减少趋势，虽然降低了库尔勒香梨未来80年冬季遭受冻害的风险，但由于各低温日数80%以上出现在前40年，因此，未来80年，冬季库尔勒香梨遭受冻害危害的可能性为前40年大于后40年(表5)。

Table 5. Forecast on variation trend of days on the daily minimum temperature $\leq -20^{\circ}\text{C}$, -22°C and -24°C in winter in the next 80 years in Korla pear planting area in Xinjiang

表 5. 库尔勒香梨种植区未来 80 年冬季日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、 -22°C 、 -24°C 的日数变化趋势预估

冬季日最低气温	平均日数(d)	线性倾向率(d/10a)	各年代际出现的低温日数的比率(%)							
			2018~2027	2028~2037	2038~2047	2048~2057	2058~2067	2068~2077	2078~2087	2088~2097
$\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的日数	1.3	-0.35	21.2	17.6	34.6	11.0	3.0	7.4	4.8	0.4
$\leq -22^{\circ}\text{C}$ 的日数	0.5	-0.14	20.2	16.3	37.5	9.1	2.9	8.7	4.8	0.5
$\leq -24^{\circ}\text{C}$ 的日数	0.2	-0.07	28.7	14.9	36.8	8.0	1.1	8.0	2.3	0.0

3.4. 库尔勒香梨适应气候变化的策略

过去57年，库尔勒香梨种植区气候变化表现为气温明显升高，日平均气温稳定通过 0°C 、 10°C 、 20°C 的积温均呈增加趋势，无霜期延长，降水量增多但年际变化较大，冬季极端低温事件发生较显著变化，对库尔勒香梨的生长、产量、品质等产生了重大影响。未来80年，该种植区域气候继续变暖，未来气候变化将使库尔勒香梨生产面临生产布局和结构的变动及生产条件的改变等问题，在这样的背景下，可通过：充分利用气候资源，依据库尔勒香梨种植气候适宜性区划和灾害风险区划，优化产业布局；积极推广库尔勒香梨抗寒品种，探索抗寒技术栽培措施；加强香梨园防护林体系建设，强化气象灾害监测、预警、防御工作以及病虫害预测预报工作，增强抵御自然灾害风险能力等措施[8][9][10]来应对气候变化对库尔勒香梨的影响。

基金项目

国内外作物产量气象预报专项(2020)与中国气象局气候变化专项(第二次新疆区域气候变化评估报告编制)共同资助。

参考文献

- [1] 徐德源, 主编. 新疆农业气候资源与区划[M]. 北京: 气象出版社, 1989.
- [2] 李景林, 普宗朝, 张山清, 主编. 气候变化对新疆农业的影响及区划[M]. 北京: 气象出版社, 2018.
- [3] 张倩, 李新建, 吴新国. 香梨果实生长与气象因子的关系[J]. 山西农业科学, 2014, 42(4): 376-379.
- [4] 张山清, 普宗朝, 尹仔锋, 等. 1979~2012年库尔勒市气温变化对香梨产量的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(4):

- 69-74.
- [5] 李晓川, 陶辉, 张仕明, 等. 气候变化对库尔勒香梨始花期的影响及其预测模型[J]. 中国农业气象, 2012, 33(1): 119-123.
 - [6] 张仕明, 吴钧, 史玉辉, 等. 库尔勒香梨树冬季冻害指数及其变化特征分析[J]. 中国农业气象, 2012, 33(3): 462-467.
 - [7] 于强, 李世强, 刘永杰, 等. 库尔勒香梨冻害监测与调查[J]. 西北园艺, 2011(8): 45-47.
 - [8] 刘敬强, 瓦哈普·哈力克, 王冠生, 等. 新疆特色林果业种植对气候变化的响应[J]. 地理学报, 2013, 68(5): 708-720.
 - [9] 马建江, 张萍, 薛根生. 新疆巴州库尔勒香梨发展分析与建议[J]. 北方园艺, 2016(5): 191-194.
 - [10] 苏柳芸, 李华西, 袁必争. 巴州库尔勒香梨产业发展分析[J]. 山西果树, 2012, 146(2): 40-43.