

CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果实软化的影响

曾照旭, 朴一龙*, 张先, 刘迪, 李旭 (延边大学农学院, 吉林延吉 133000)

摘要 [目的]探究 CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果实软化的影响。[方法]以野生软枣猕猴桃果实为材料进行 CaCl₂ 处理, 调查果实的品质、呼吸率、乙烯发生量、细胞壁成分和果胶分解酶活性的变化。[结果]试验表明, CaCl₂ 处理延缓了软枣猕猴桃果实可溶性固形物含量的增加、可滴定酸含量的下降和果实硬度下降的速度; 降低呼吸速率并促进了乙烯的发生; 抑制淀粉降解和 α-淀粉酶活性。在整个贮藏过程中, CaCl₂ 处理抑制果胶酶的活性和延缓细胞壁(果胶、纤维素、半纤维素)的降解作用, 对保持软枣猕猴桃果实品质, 增加贮藏寿命起到了积极作用。[结论]研究可为软枣猕猴桃果实软化机理研究提供基础数据。

关键词 CaCl₂; 软枣猕猴桃; 软化

中图分类号 S663.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)03-00925-04

Effects of CaCl₂ Treatment on Softening of *Actinidia arguta* Fruit

ZENG Zhao-xu et al (Agricultural College of Yanbian University, Yanji, Jilin 133000)

Abstract [Objective] To explore effects of CaCl₂ treatment on fruit softening of *Actinidia arguta*. [Method] CaCl₂ treatment was conducted on wild *Actinidia arguta*, the changes of fruits quality, respiration rate, ethylene, cell wall components and pectin decomposition activity were investigated. [Result] The results showed that the increase of *Actinidia arguta* soluble solids content, the rate of decline of titratable acid and decrease of fruit hardness were delayed; respiration rate was reduced and the occurrence of ethylene was promoted; starch degradation and α-amylase activity was inhibited; throughout the storage process, CaCl₂ treatment to suppress the activity of pectinase and slow degradation of the cell wall (pectin, cellulose, hemicellulose), has played a positive role in maintaining kiwi fruit fruit quality, increase storage life. [Conclusion] The study can provide basic data for softening mechanism of *Actinidia arguta*.

Key words CaCl₂; *Actinidia arguta*; Softening

软枣猕猴桃属于猕猴桃科猕猴桃属多年生落叶藤本果树, 生于阔叶林或针阔混交林中, 是猕猴桃属中在我国地域分布最广泛的野生果树之一。软枣猕猴桃果实营养丰富, 含 20 多种氨基酸和多种维生素, 特别是 V_C 含量非常丰富; 果实根茎叶不仅有各种医疗功效, 而且还有消脂减肥、抗衰老的功效。软枣猕猴桃果实不仅可以鲜食, 而且可以加工成各种加工品, 也是城市绿化的理想树种。果实软化迅速是软枣猕猴桃的致命弱点, 是限制其开发利用的主要障碍。

钙处理明显抑制水蜜桃乙烯合成, 降低果实呼吸强度, 推迟果实呼吸高峰出现, 抑制果实多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性升高及软化速度, 对延缓组织的衰老过程具有一定作用^[1]。外源钙低浓度处理促进“红富士”苹果果实乙烯释放, 高浓度处理抑制乙烯生成^[2]。中华猕猴桃果实采后进行钙处理, 可降低呼吸率和乙烯生成量, 延缓果实衰老^[3]; 抑制 PG 酶的活性^[4]; 降低果实淀粉酶和纤维素酶活性, 降低 PG 酶活性的峰值, 有效减缓淀粉降解, 延缓猕猴桃软化衰老^[5]。CaCl₂ 处理美味猕猴桃“金魁”会延迟乙烯发生和呼吸高峰, 显著降低可溶性果胶含量^[6]。但目前为止, 还未见钙处理对软枣猕猴桃果实软化影响方面的研究报道。为了探讨钙处理对软枣猕猴桃果实软化的影响, 笔者于 2011~2012 年进行了 CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃的果实品质、呼吸强度和乙烯生成量、细胞壁成分和果胶酶活性影响的研究, 以期对软枣猕猴桃果实软化机理研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料 试材取自延边大学农学院野生浆果资源圃。于 2011 年 9 月 12 日选择管理条件一致且树势中庸、无病虫害、生长健壮的 6 年生野生软枣猕猴桃树, 采集果实, 果实采收当天运回实验室。挑选大小比较均匀, 成熟度相对一致, 健康且无创伤的果实若干, 分为 2 组: 处理组 and 对照组。处理组用 CaCl₂ 处理, 对照组进行浸水处理。从处理当日开始每隔 3 d 取样测定品质、呼吸速率和乙烯发生量, 一部分果实冷冻贮藏用来测定其他生理生化指标。

1.2 方法

1.2.1 果实处理。 处理组用 6% 的 CaCl₂ 溶液浸泡 15 min, 捞出沥干, 然后在室温下贮藏; 对照组用清水浸泡 15 min 处理。

1.2.2 测定方法。 可溶性固形物的含量利用 ATAGO 型手持式光折射式糖度计(日本 ATAGO 株式会社)测定; 可滴定酸的含量测定采用酸碱滴定法; 果实硬度用 GY-1 型果实硬度计测定。称取 0.5 kg 左右的软枣猕猴桃果实常温(20℃)下放置在 0.7 L 密闭容器中 4 h, 用日本产 GV-100 气体测定仪测定乙烯浓度和二氧化碳浓度, 重复 3 次, 然后换算成乙烯发生量和呼吸率。淀粉含量和淀粉酶活性测定采用比色法^[7]测定; 细胞壁成分分析参照朴一龙等的方法^[8], 果胶酶活性测定参照王琳等的方法^[9]。

2 结果与分析

2.1 CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果实内在品质的影响 由图 1 可知, 软枣猕猴桃果实贮藏中可溶性固形物含量增加, 有机酸含量减少。CaCl₂ 处理可延缓可溶性固形物含量增加及有机酸含量减少, 但贮藏 9 d 后这种作用消失。说明 CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果实软化有一定的抑制作用, 但贮藏后期这种作用不够明显。

基金项目 国家自然科学基金项目(31060254)。

作者简介 曾照旭(1986-), 男, 吉林桦甸人, 硕士, 从事果实采后生理研究。*通讯作者, 副教授, 博士, 从事果树栽培生理和果实采后生理研究。

收稿日期 2014-01-07

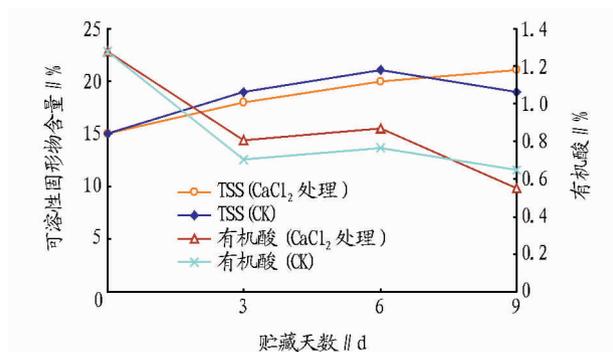


图1 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实可溶性固形物及可滴定酸含量的影响

软枣猕猴桃果实贮藏过程中硬度下降分为2个明显阶段:即前期的快速下降期和中后期的缓慢下降期(图2)。 CaCl_2 处理明显延缓软枣猕猴桃果实硬度下降,但随贮藏天数的增加这种作用变小。说明 CaCl_2 处理有延缓软枣猕猴桃果实软化的作用,但在贮藏后期这种作用逐渐消失。该结果与付永琦等在美味猕猴桃上的研究结果相似^[6]。

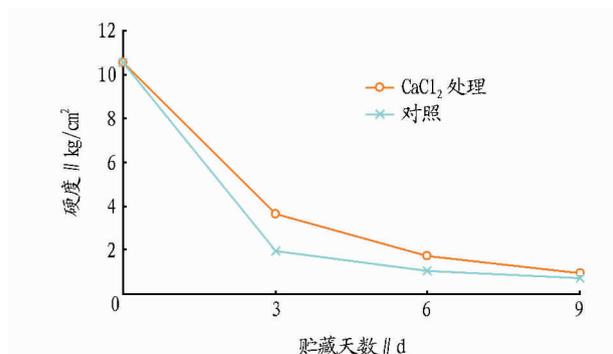


图2 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实硬度的影响

2.2 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实呼吸强度和乙烯发生量的影响 检测软枣猕猴桃贮藏中乙烯和二氧化碳发生量,结果表明(图3),软枣猕猴桃果实在贮藏3 d出现明显的呼吸高峰;而 CaCl_2 处理的软枣猕猴桃果实在贮藏中呼吸比较平稳,没有出现呼吸高峰,贮藏后期呼吸速率有增加的趋势,说明 CaCl_2 处理明显抑制软枣猕猴桃的呼吸。软枣猕猴桃果实在贮藏初期乙烯发生量较低,且处理组乙烯发生量低于对照,但在贮藏第6天开始乙烯发生量迅速增加,而且处理组的乙烯发生量反而高于对照,说明 CaCl_2 处理促进软枣猕猴桃果实乙烯发生。

2.3 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实淀粉降解的影响

2.3.1 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实淀粉含量的影响。由图4可知,随着贮藏天数的增加,软枣猕猴桃果实中淀粉含量逐渐下降,在贮藏6 d内大部分淀粉将分解完成。经 CaCl_2 处理的软枣猕猴桃果实在贮藏初期淀粉含量明显高于对照,这与软枣猕猴桃果实硬度的变化样相一致。由此说明, CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实中淀粉的降解有抑制作用,从而延缓了果实硬度下降和衰老。

2.3.2 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实淀粉酶活性的影响。由图5可以得出,软枣猕猴桃果实贮藏中 α -淀粉酶活性下

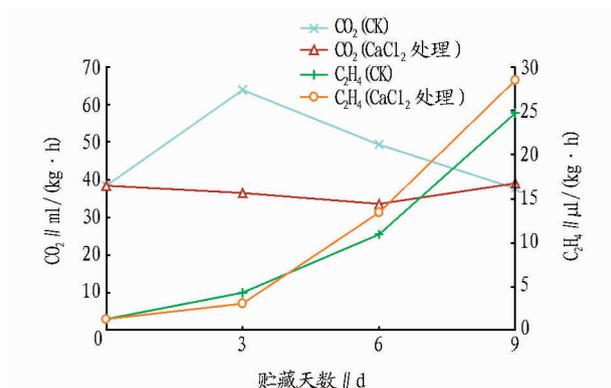


图3 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实呼吸强度和乙烯发生量的影响

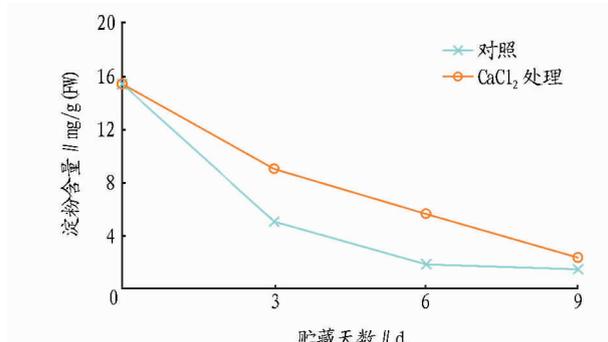


图4 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实淀粉含量的影响

降,而 β -淀粉酶活性逐渐增加,在贮藏3 d达到活性高峰。由此可知, CaCl_2 处理可抑制软枣猕猴桃果实 α -淀粉酶活性,而促进 β -淀粉酶活性增加。

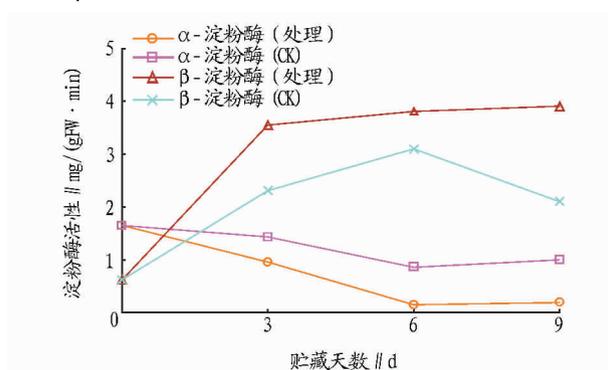


图5 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实淀粉酶活性的影响

2.4 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实细胞壁成分的影响

2.4.1 AIS 含量变。AIS 是细胞壁成分物质,果实中 AIS 含量变化反映细胞壁的降解和果实的软化。由图6可知,软枣猕猴桃果实贮藏过程中随着果实的软化 AIS 含量缓慢减少, CaCl_2 处理延缓 AIS 含量下降。由此说明,经过 CaCl_2 处理对软枣猕猴桃果实细胞壁成分降解有抑制作用。

2.4.2 果胶含量变化。果胶是构成细胞壁的主要成分,果实在贮藏过程中果胶的降解最能反映果实的软化进程。由图7可知,软枣猕猴桃果实贮藏中总果胶含量逐渐减少,但经 CaCl_2 处理后总果胶含量减少延缓;水溶性果胶在贮藏3 d迅速增加,然后缓慢减少,经 CaCl_2 处理组水溶性果胶含量在贮藏后期明显减少。至于 EDTA 可溶性果胶和 NaOH 可

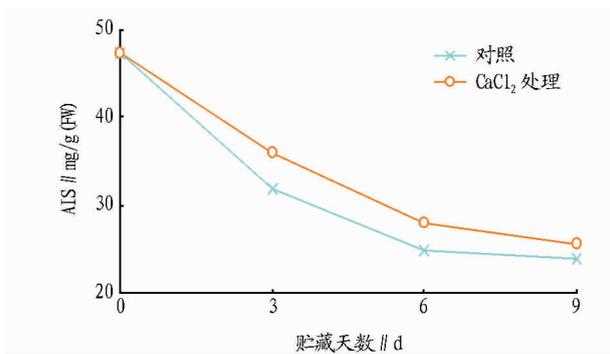


图 6 CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果实 AIS 含量的影响

溶性果胶的含量则变化不大。可见, CaCl₂ 处理有延缓果胶降解的倾向, 但延缓程度不太明显。

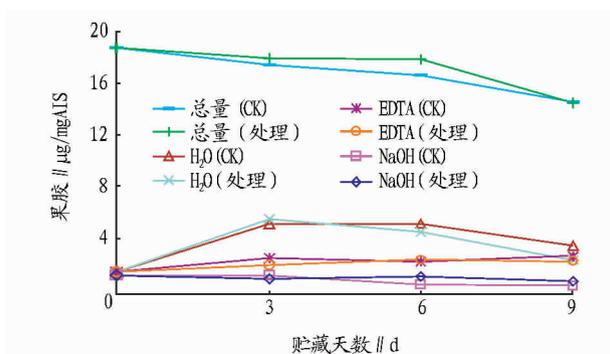


图 7 CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果果胶含量的影响

2.4.3 纤维素和半纤维素含量变化。纤维素和半纤维素也是细胞壁的主要成分。由图 8 可以看出, 软枣猕猴桃果实贮藏中纤维素的含量先上升, 后下降; 而半纤维素含量先缓慢下降, 然后基本平稳。考虑淀粉降解的影响, 可知软枣猕猴桃果实纤维素在贮藏后期大量降解, 而半纤维素在贮藏前期降解。由此说明, CaCl₂ 处理明显延缓了纤维素在贮藏后期的减少, 但对半纤维素的影响不太明显。

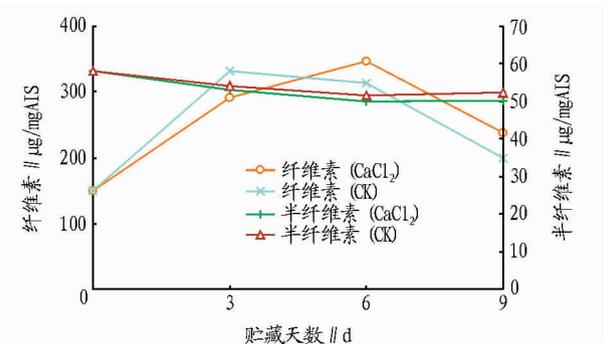


图 8 CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果实纤维素和半纤维素含量的影响

2.5 PG 酶和 β-半乳糖醛酶 (β-Gal) 活性变化 PG 酶是目前为止研究最早和最多的果胶酶, 在很多果实软化过程中 PG 酶起主要作用。PG 可使果实中原果胶分解, 降低果实硬度。由图 9 可见, 处理组果实 PG 活性不但不增加, 反而在贮藏 6 d 有所降低, 然后缓慢增加; 而对照组在贮藏 6 d 出现小的活性高峰。可见, CaCl₂ 处理可抑制 PG 酶活性。

β-Gal 酶是细胞壁多糖组分降解相关的重要糖苷酶之一, 它可通过降解具支链的多聚醛酸使一些细胞壁组分变得

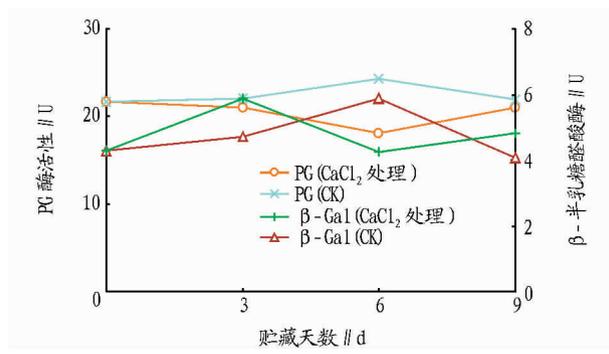


图 9 CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果实 PG 和 β-gal 酶活性的影响

不稳定, 从而使果胶降解或溶解。最近研究认为, 果实软化过程中 β-Gal 酶是果胶降解的主要酶类^[10]。由图 9 可知, 在贮藏第 3 天对照组 β-Gal 酶活性出现波峰, 处理组在贮藏第 6 天出现波峰, 这说明 CaCl₂ 推迟了 β-Gal 酶活性高峰的出现。尽管随着果实硬度下降 (图 2) 其活性略有降低, 但在软枣猕猴桃果实整个贮藏过程中 β-Gal 酶活性保持着较高的水平, 说明 CaCl₂ 处理可抑制 β-Gal 酶活性。

3 结论与讨论

试验表明, CaCl₂ 处理延缓软枣猕猴桃果实贮藏中可溶性固形物含量的增加、可滴定酸含量下降和硬度的下降, 但贮藏后期这种作用不明显。

CaCl₂ 处理明显抑制软枣猕猴桃果实贮藏中的呼吸强度, 呼吸峰不明显; CaCl₂ 处理促进软枣猕猴桃果实乙烯发生。这个结果与刘会超等在苹果上的研究结果一致^[2], 但与林丽榕等^[3]和付永琦等^[6]的在猕猴桃上的研究结果相反, 这可能与钙处理浓度有关。因为低浓度钙处理促进乙烯发生, 而高浓度钙促进果实乙烯发生^[2]。这个结果也证实乙烯并非软枣猕猴桃果实软化的唯一因素。

CaCl₂ 处理对软枣猕猴桃果实中淀粉含量的降解有抑制作用; 该试验中 α-淀粉酶活性高低与淀粉降解趋势一致, 而 β-淀粉酶活性高低与淀粉降解趋势相反, 考虑软枣猕猴桃果实贮藏过程中淀粉含量的变化, 可知在软枣猕猴桃果实中起主要作用的酶是 α-淀粉酶。α-淀粉酶随意切断各种淀粉, 但 β-淀粉酶不能裂开支链淀粉中的 α-1, 6-糖苷键, 也不能绕过支链淀粉的分支点继续作用于 α-1, 4-糖苷键, 故遇到分支点就停止作用^[11], 所以可以理解为软枣猕猴桃果实所含淀粉以支链淀粉为主。

CaCl₂ 处理缓解包括 AIS、果胶、纤维素和半纤维素的分解, 但缓解程度并不是特别明显。比较有趣的是, 纤维素主要在贮藏后期大量分解, 而半纤维素在贮藏初期分解明显, 而且 CaCl₂ 处理对纤维素降解的影响较大。软枣猕猴桃果实贮藏初期淀粉大量分解, 而且在 AIS 制作过程中不能排除淀粉, 所以, 细胞壁某种成分在贮藏初期增加意味着细胞壁的这种成分不分解或分解很少, 而细胞壁某种成分在贮藏初期不增加或少增加意味着细胞壁的这种成分大量分解。因为细胞壁成分变化是以 AIS 中的占有量来表示的。同时, CaCl₂ 处理可抑制软枣猕猴桃果实 PG 酶活性并延迟 β-半乳糖醛酶活性波峰的出现。

参考文献

- [1] 李正国,罗爱民,刘勤晋. 钙处理对水蜜桃果实成熟的影响[J]. 食品科学,2000,21(7):15-16.
- [2] 刘会超,韩振海,许雪峰. 外源钙对苹果果实乙烯生成的影响[J]. 园艺学报,2002,29(3):258-260.
- [3] 陈淳,尤瑞琛,林丽榕,等. 采后钙处理对中华猕猴桃果实过氧化物酶活性、呼吸率及乙烯生成的影响[J]. 亚热带植物通讯,1998,27(1):8-11.
- [4] 尤瑞琛,刘鸿洲,赖孟洪,等. 钙处理对中华猕猴桃果实后熟过程的影响[J]. 亚热带植物通讯,1997,26(2):18-22.
- [5] 吴炼,王仁才,张政兵. 猕猴桃果实软化衰老机理初探[J]. 安徽农业科

- 学,2008,36(3):881-883,937.
- [6] 付永琦,饶松勇,陈金印. CaCl₂处理对美味猕猴桃果实保鲜效果的研究[J]. 景德镇高专学报,2006,21(2):3-7.
- [7] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京:北京农业大学出版社,1992.
- [8] 朴一龙,赵兰花,薛桂新. 梨果实在贮藏过程中细胞壁成分的变化[J]. 果树学报,2006,23(6):880-883.
- [9] 王琳,朴一龙,王博,等. 不同耐贮性的梨贮藏中果胶分解酶活性变化比较[J]. 延边大学农学报,2010,32(1):8-10.
- [10] 阚娟,金昌海,汪志君,等. β -半乳糖苷酶及多聚半乳糖醛酸酶对桃果实成熟软化的影响[J]. 扬州大学学报,2006,27(3):76-80.
- [11] 康明丽. 淀粉酶及其作用方式[J]. 食品工程,2008(3):11-14.

(上接第869页)

季最低气温的上升所致,即夜间增温明显;90年代的增温则由四季最高气温和春、冬季最低气温的同时上升造成,尤其是秋、冬季节的最高气温。可以认为,90年代的增温主要是白天增温明显;21世纪以来的增温主要是最高和最低气温的显著上升所致,除了冬季,最高气温在春、夏、秋季的增暖比最低气温显著,即21世纪初的增温白天比夜间明显。

2.6 气温突变分析

2.6.1 平均气温。用M-K方法来检测近48年尖扎各个温度序列在不同季节的突变年份,结果表明(表2),1960~2007年尖扎的年平均气温在1996年前后发生异常增温,略迟于青海省在1987年前后的突变增温^[4],秋、冬季节在1994年前后开始突变性增温,其中秋季在进入2003年,冬季在2002年以后这种增暖趋势均大大超过显著性水平($u_{0.001}=2.56$),表明秋、冬季气温的上升趋势是十分显著的;春季在1997和2000年发生了2次突变性增温;夏季气温出现突变的年份比较迟,在2000年以后异常变暖,最近一次变暖是在2005年。

2.6.2 平均最高、最低气温。春季平均最高气温在1963年前后发生突变,60年代末~80年代末尖扎春季平均最高气温有一明显的增暖趋势,70年代~80年代末增暖趋势超过0.001的显著性水平,最近的一次变暖出现在1998年;而春季平均最低气温在1996年前后发生突变。夏季,平均最高气温的突变是在1997年前后,而平均最低气温突变的年份较迟,在2002年以后突变增暖。秋季,平均最高气温在1987年前后发生突变,其中在1996年以后升温趋势显著,1998~2007年这种增暖趋势远超过显著性水平0.05的临界线,甚至超过0.001的显著性水平,而平均最低气温在近48年中产生过3次突变,第1次发生在1964年前后,有一次明显的降温,在70年代中期气温突变性增暖,在2005年前后又有一次突变性增温。冬季,平均最高气温在1989年前后有一次明显的突变增温,其中90年代末至今这种增暖趋势非常显著,而平均最低气温在近48年有3次突变增暖,在70年代发生2次突变,分别是1972和1978年,1982年前后又有一次突变,其中80年代末至今这种增暖趋势非常显著。年平均最高气温突变增暖时间较年平均最低气温时间早,发生在1994年前后,而平均最低气温的突变增暖是在1998年前后。

综上所述,通过对尖扎近48年各个温度序列的突变检测可以看出,年平均气温和平均最高、最低气温在各季和年

尺度上均发生了突变增温,年和春、夏季平均最低气温的突变性升温的年份远落后于平均最高气温,且秋季平均最低气温在1964年前后有一次降温突变。

表2 1960~2007年尖扎地区气温突变年份

季节	平均气温	平均最高气温	平均最低气温
春季	1997,2000	1963,1998	1996
夏季	2000,2005	1997	2002
秋季	1994	1987	1964,1975,2005
冬季	1994	1989	1972,1978,1982
全年	1996	1994	1998

3 结论

(1)年平均最高气温增温的趋势明显高于年平均最低气温,气候倾向率为0.30℃/10a,年平均最低气温的气候倾向率为0.22℃/10a;在季平均最高气温的变化中,以冬季增暖最明显,春季是平均最高气温增温最弱的季节。季平均最低气温同样以冬季的增暖最明显,其增暖幅度略大于平均最高气温,但夏、秋季平均最高气温的增暖远比平均最低气温增加得快,且这种特点在秋季最为明显。

(2)近48年尖扎年平均气温日较差呈增大趋势,在季平均气温日较差的变化中,秋季最为显著。这种趋势与我国西北地区气温日较差呈显著下降趋势相反。对比最高气温和最低气温的变化特征得出,尖扎最高气温的升高是年平均气温日较差变化呈增加趋势最主要的原因,即年平均气温日较差变大是以最高温度增加幅度大于最低温度变暖为特征的。

参考文献

- [1] 马晓波. 中国西北地区最高最低气温的非对称变化[J]. 气象学报,1999,57(5):613-621.
- [2] 李林,陈晓光,王振宇,等. 青藏高原区域气候变化及其差异性研究[J]. 气候变化研究进展,2010,6(3):181-186.
- [3] 唐红玉,翟盘茂,王振宇. 1951-2002年中国平均最高、最低气温及日较差变化[J]. 气候与资源环境研究,2005,10(4):729-735.
- [4] 符溶斌. 科学应对气候变化[J]. 科技导报,2007(14):1.
- [5] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007:23-66.
- [6] 陈晓光,李林,朱西德,等. 青海省气候变化的区域性差异及其成因研究[J]. 气候变化研究进展,2009,5(5):249-254.
- [7] 唐国利,林雪椿. 1921-1990年我国气温序列及变化趋势[J]. 气象,1992,18(7):3-6.
- [8] LIU X D, YIN Z Y, SHAO X M. Temporal trends and variability of daily maximum and minimum, extreme temperature events, and growing season length over the eastern and central Tibetan Plateau during 1961-2003[J]. Journal of Geophysical Research, 2006, 111(D19):19109.