

网络出版时间:2016-02-02 09:37

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.03.010

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160202.0937.020.html

川藏高海拔地区金冠苹果品质与气象因子的关系

程 籍¹, 谢红江^{1,2}, 廖明安¹, 杨文渊², 陶 炼²

(1 四川农业大学 园艺学院, 四川 雅安 625014; 2 四川省农业科学院 园艺研究所, 四川 成都 610066)

[摘 要] 【目的】研究川藏高海拔地区金冠苹果品质与气象因子的关系, 为该区域金冠苹果的合理区划、优质生产提供理论依据。【方法】于 2012—2013 年随机取川藏高海拔地区四川茂县、小金、盐源、康定及西藏林芝 5 个重要产地的金冠苹果果实, 测定其品质(单果质量、果形指数、果实硬度及花青苷、可溶性固形物、总糖、总酸、V_C 含量), 同时收集 5 地 2012 和 2013 年金冠苹果果实发育主要时期各月(5—8 月)及年主要气象资料(均温、平均昼夜温差、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、降雨量、日照时数), 采用相关性分析及回归分析研究果实品质与气象因子的关系, 确定优质金冠苹果生产需要的主要气象因子最适值。【结果】金冠苹果在 5 个产地品质差异显著, 在小金表现较好; 8 月均温、5—8 月及年均昼夜温差、年降雨量、6—8 月及年日照时数是影响该地区金冠苹果品质的主要气象因子; 8 月均温 $19.1\text{--}21.3^{\circ}\text{C}$, 5、6、7、8 月及年均昼夜温差分别为 $10.6\text{--}12.3$, 11.0 , 9.7 , $11.7\text{--}13.3$ 和 12.8°C , 7 月 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温约 636.5°C , 6 月及年降雨量分别为 169.4 和 $637.1\text{--}787.9\text{ mm}$, 6、7、8 月及年日照时数分别为 154.3 , $174.6\text{--}200.8$, 153.5 和 $2\ 405.6\text{ h}$ 是金冠苹果在川藏高海拔地区表现优良的适宜气象因子。【结论】确定了川藏高海拔地区金冠苹果优质生产的气象条件。

[关键词] 金冠苹果; 果实品质; 气象因子; 川藏高海拔地区

[中图分类号] S162.5⁺5; S661.1

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)03-0069-06

Relationship between fruit quality of Golden Delicious apple and meteorological factors in high attitude area of Sichuan-Tibet

CHENG Ji¹, XIE Hong-jiang^{1,2},

LIAO Ming-an¹, YANG Wen-yuan², TAO Lian²

(1 College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China;

2 Horticulture Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China)

Abstract: 【Objective】This study explored the relationship between the quality of Golden Delicious apple and meteorological factors in high altitude area of Sichuan-Tibet to provide theoretical basis for agricultural zoning and high quality production. 【Method】Fruit quality of apples from Maoxian, Xiaojin, Yanyuan, Kangding and Linzhi in high attitude area of Sichuan-Tibet were determined in 2012—2013. The correlation between fruit quality with mean temperature (MT), mean temperature diurnal range (MTDR), $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated thermal units ($\geq 10^{\circ}\text{C}$ ATU), amount of precipitation (AP) and sunshine hours (SH) from May to August and in annual were analyzed. Then the optimum values of the major meteorological factors were obtained. 【Result】Golden Delicious apples had significant difference in 5 key production cities with the better in Xiaojin. The main meteorological factors affecting fruit quality were MT in

[收稿日期] 2014-08-01

[基金项目] 国家苹果产业技术体系川西高原综合试验站资助项目(CARS-28); 四川省财政现代农业创新与示范专项(2014CXSF-014)

[作者简介] 程 籍(1989—), 男, 重庆万州人, 硕士, 主要从事果树生理生态研究。E-mail: chengji911@foxmail.com

[通信作者] 廖明安(1957—), 男, 四川雅安人, 教授, 博士生导师, 主要从事果树生理生态研究。E-mail: lman@sicau.edu.cn

August, MTDR from May to August and in annual, AP in annual and SH from June to August and in annual. The optimum meteorological factors were determined as 19.1—21.3 °C MT in August, 10.6—12.3 °C MTDR in May, 11.0 °C MTDR in June, 9.7 °C MTDR in July, 11.7—13.3 °C MTDR in August, 12.8 °C MTDR in annual, 636.5 °C ≥10 °C ATU in July, 169.4 mm AP in June, 637.1—787.9 mm AP in annual, 154.3 h SH in June, 174.6—200.8 h SH in July, 153.5 h SH in august and 2 405.6 h SH in annual. 【Conclusion】 The meteorological conditions for producing high-quality Golden Delicious apple in high attitude area of Sichuan-Tibet were confirmed.

Key words: Golden Delicious apple; fruit quality; meteorological factor; high attitude area in Sichuan-Tibet

苹果产业是川藏高海拔地区人民致富的主要产业之一,气象条件与苹果产业息息相关^[1]。金冠苹果是该区域果农大面积栽种的品种,具有阳面着红色及酸甜风味浓郁等独特品质,但不同地区金冠苹果果实品质差异较大,这主要与气象条件有关^[2]。因此,更加确切地研究气象因子与苹果品质间的关系,合理利用气候资源,对发展该区域苹果产业意义重大。

目前,已有一些气象因子与苹果品质关系的研究,其中定性化的研究较多^[3-7],定量化的研究较少^[8-11]。有关金冠苹果与气象因子关系的研究主要集中在光、海拔等单一生态因子方面^[12-13],立足于川藏高海拔地区的特殊气候,量化综合研究多个气象因子与金冠苹果品质性状的关系尚未见报道。本研究通过对川藏高海拔地区的四川茂县、小金、盐源、康定及西藏林芝 5 个金冠苹果重要产区的取样分析,研究了金冠苹果的最适气象因子,以期为金冠

苹果果实品质的提高、优质高效生产、合理区划提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验点选择在四川茂县(安乡村,海拔 1 757.3 m)、小金(木兰村,海拔 2 372 m)、盐源(卫城镇,海拔 2 473.3 m)、康定(达杠村,海拔 2 616 m)、西藏林芝(米瑞乡,海拔 3 010.8 m)5 个川藏高海拔地区苹果重要产地。收集 5 个产地 2012 年和 2013 年金冠苹果果实发育主要时期各月(5—8 月)及年均(年总)主要气象资料,得到气象因子参数(表 1)。2012—2013 年,在 5 个试验点选取管理水平相当且具代表性的约 20 年生果园 3 片(栽植密度 4 m×5 m,砧木为八棱海棠),每个果园选取树形、树势相似的植株 3 株挂牌标记。盛花后 145 d,在每株树冠外围随机取 10 个果实,用于果实品质分析。

表 1 2012—2013 年川藏高海拔地区 5 个重要苹果产地的气象资料
Table 1 Main meteorological factors in five key apple production cities in high attitude area of Sichuan-Tibet in 2012—2013

时间 Time	均温/℃ MT	平均昼夜温差/℃ MTDR	≥10 °C 积温/℃ ≥10 °C ATU	降雨量/mm AP	日照时数/h SH
5 月 May	12.7~17.8	9.1~13.4	352.5~551.5	62.3~107.4	144.8~239.1
6 月 June	15.0~19.3	7.9~11.9	449.0~578.8	125.2~169.4	122.9~172.7
7 月 July	17.0~21.4	7.5~10.7	527.8~664.3	96.0~219.3	145.4~204.1
8 月 August	17.3~21.9	9.3~14.4	527.8~668.5	70.5~168.1	153.5~205.6
年 Annual	8.7~13.4	8.7~12.8	2 542.2~4 203.5	617.5~838.3	1 546.1~2 604.9

1.2 测定指标及方法

根据曹建康等^[14]的方法,用精度为 0.1 g 的天平测定单果质量;用游标卡尺测量果实纵横径,计算果形指数;采用 GY-4 数显式水果硬度计测定果实硬度;用盐酸-甲醇浸提法测定花青苷含量;用 PR-100 型数字糖度计测定可溶性固形物含量;采用蒽酮法测定总糖含量;采用 NaOH 中和滴定法测定总酸含量;采用 2,6-D 滴定法测定 V_C 含量。

1.3 数据分析

应用 Excel、DPS 等软件进行差异显著性检验、简单相关分析、多元线性逐步回归分析、多元非线性回归分析;用 1stOpt 软件求最优解。

2 结果与分析

2.1 不同生态类型区金冠苹果品质的差异

表 2 显示,在川藏高海拔地区,茂县和小金的单

果质量显著高于其他 3 个地方;果形指数以林芝和小金苹果的表现较好;小金的果实硬度和花青苷含量均显著高于其他 4 个地方;林芝苹果的可溶性固形物含量显著高于其他 4 个地方;小金和林芝苹果的总糖、总酸含量均显著高于其他 3 个地方;小金、盐源、林芝苹果的 V_C 含量相对较高。从总体上看,金冠苹果在小金综合表现较好。

表 2 川藏高海拔地区 5 个重要产地金冠苹果的品质表现

Table 2 Quality of Golden Delicious apple in five key production cities of high attitude area in Sichuan-Tibet								
采样地点 Site	单果质量/g Mean individual fruit weight	果形指数 Fruit shape index	果实硬度/ (kg · cm ⁻²) Firmness	花青苷含量/ (nmol · cm ⁻²) Anthocyanin content	可溶性固形物 含量/ (g · kg ⁻¹) Soluble solids content	总糖含量/ (g · kg ⁻¹) Total sugars content	总酸含量/ (g · kg ⁻¹) Total acids content	V _C 含量/ (mg · kg ⁻¹) V _C content
茂县 Maoxian	166.62 a	0.914 c	8.48 b	1.11 d	139.3 c	134.0 b	2.54 b	30.5 c
小金 Xiaojin	170.24 a	0.935 ab	9.17 a	4.32 a	149.0 b	154.9 a	3.77 a	45.8 a
盐源 Yanyuan	153.30 b	0.929 abc	7.39 c	1.96 bc	141.3 c	133.4 b	2.20 b	46.3 a
康定 Kangding	148.64 bc	0.923 bc	6.21 d	1.86 c	145.7 bc	136.0 b	2.21 b	35.7 b
林芝 Linzhi	146.19 c	0.946 a	8.31 b	2.21 b	160.0 a	154.6 a	4.10 a	43.7 a

注:表中数据为平均值。同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Values are averages. Different lowercase letters in each column indicate significant difference ($P<0.05$).

2.2 影响金冠苹果品质的主要气象因子单相关性分析结果见表 3。

川藏高海拔地区金冠苹果品质与气象因子的简

表 3 川藏高海拔地区 5 个重要产地金冠苹果品质与气象因子的简单相关性分析

Table 3 Simple correlation analysis between quality of Golden Delicious apple and meteorological factors in five key production cities of high attitude area in Sichuan-Tibet									
气象因子 Meteorological factor		单果质量 Mean individual fruit weight	果形指数 Fruit shape index	果实硬度 Firmness	花青苷含量 Antho- Cyanin content	可溶性固形物含量 Soluble solids content	总糖含量 Total sugars content	总酸含量 Total acids content	V _C 含量 V _C content
均温 MT	5 月 May(X_1)	0.641	-0.238	0.504	0.122	-0.574	-0.213	-0.158	0.232
	6 月 June(X_2)	0.747	-0.069	0.812	0.232	-0.306	0.106	0.206	0.186
	7 月 July(X_3)	0.921 *	-0.282	0.831	0.226	-0.350	0.115	0.207	-0.151
	8 月 August(X_4)	0.965 * *	-0.417	0.734	0.225	-0.422	0.053	0.118	-0.293
	年 Annual(X_5)	0.592	-0.067	0.604	0.179	-0.411	-0.062	0.009	0.340
昼夜温差 MTDR	5 月 May(X_6)	-0.205	0.971 * *	0.397	0.690	0.897 *	0.928 *	0.878	0.752
	6 月 June(X_7)	0.335	0.742	0.803	0.810	0.568	0.878 *	0.865	0.713
	7 月 July(X_8)	0.305	0.750	0.702	0.906 *	0.620	0.926 *	0.866	0.699
	8 月 August(X_9)	0.328	0.663	0.638	0.911 *	0.636	0.938 *	0.857	0.532
	年 Annual(X_{10})	-0.048	0.922 *	0.483	0.773	0.712	0.848	0.789	0.900 *
≥10℃ 积温 ≥10℃ ATU	5 月 May(X_{11})	0.653	-0.192	0.569	0.140	-0.518	-0.150	-0.083	0.241
	6 月 June(X_{12})	0.752	-0.072	0.814	0.232	-0.306	0.107	0.208	0.180
	7 月 July(X_{13})	0.919 *	-0.295	0.822	0.211	-0.364	0.098	0.192	-0.160
	8 月 August(X_{14})	0.951 *	-0.392	0.756	0.213	-0.381	0.084	0.157	-0.305
	年 Annual(X_{15})	0.652	-0.181	0.583	0.138	-0.504	-0.137	-0.066	0.241
降雨量 AP	5 月 May(X_{16})	0.186	-0.664	-0.266	-0.320	-0.286	-0.310	-0.317	-0.886 *
	6 月 June(X_{17})	-0.443	-0.334	-0.892 *	-0.281	-0.441	-0.672	-0.801	0.011
	7 月 July(X_{18})	-0.363	-0.080	-0.349	-0.451	-0.377	-0.572	-0.524	0.270
	8 月 August(X_{19})	-0.524	-0.018	-0.388	-0.595	-0.233	-0.536	-0.452	0.175
	年 Annual(X_{20})	-0.533	-0.479	-0.883 *	-0.696	-0.514	-0.865	-0.885 *	-0.262
日照时数 SH	5 月 May(X_{21})	0.155	0.363	0.162	0.607	-0.066	0.167	0.052	0.861
	6 月 June(X_{22})	0.305	0.481	0.417	0.774	0.089	0.412	0.311	0.884 *
	7 月 July(X_{23})	0.675	0.155	0.485	0.897 *	-0.072	0.415	0.274	0.509
	8 月 August(X_{24})	0.732	0.145	0.582	0.855	-0.117	0.394	0.284	0.521
	年 Annual(X_{25})	-0.082	0.494	0.091	0.458	0.065	0.166	0.087	0.912 *

注:数据后标“*”表示相关性显著($P<0.05$),标“* *”表示相关性极显著($P<0.01$)。下表同。
Note: “*” shows significant difference ($P<0.05$), “* *” shows extremely significant difference ($P<0.01$). The same below.

由表 3 可知,单果质量与 8 月均温极显著正相关,与 7 月均温及 7、8 月 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温呈显著正相关;果形指数与 5 月平均昼夜温差极显著正相关,与年均昼夜温差显著正相关;果实硬度与 6 月及年降雨量显著负相关;花青苷含量与 7、8 月平均昼夜温差及 7 月日照时数显著正相关;可溶性固形物含量与 5 月平均昼夜温差显著正相关;总糖含量与 5~8 各月平均昼夜温差显著正相关;总酸含量与年降雨量显著负相关; V_C 含量与年均昼夜温差以及 6 月和年日照时数显著正相关,与 5 月降雨量显著负相关。由此可知,在川藏高海拔地区,气象因子显著影响金冠苹果品质,不同气象因子对果实品质的影响不同,气象因子与果实品质之间的关系较为复杂。

简单相关分析仅能表现出果实品质与单个气象因子间的简单相互关系,但是苹果果实品质受多种气象因子共同交互影响,因此有必要进行多元线性逐步回归分析及非线性回归分析。对简单相关性分析显著及多元线性逐步回归分析筛选出的气象因子进行多元非线性回归分析,得到影响川藏高海拔地区金冠苹果品质的主要气象因子及多元非线性回归方程。由表 4 可知,在川藏高海拔地区,7 月平均昼

夜温差与 7 月 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温交互作用对金冠苹果单果质量具有极显著负效应;8 月均温、7 月日照时数对单果质量均具有极显著正效应。果形指数主要受 5 月、8 月、年均昼夜温差的影响,5 月平均昼夜温差大、8 月平均昼夜温差小有利于高桩果实的形成。6 月降雨量与年降雨量交互作用对果实硬度具有极显著负效应,8 月日照时数与年降雨量交互作用对果实硬度具有不显著的正效应。花青苷含量主要受 8 月平均昼夜温差、8 月均温、7 月日照时数的影响,7 月日照时数大、8 月平均昼夜温差大、8 月均温小有利于金冠苹果的着色,因此 7 月铺反光膜、8 月傍晚喷雾降温均有助于金冠苹果着色。5 月平均昼夜温差对金冠苹果可溶性固形物含量具有极显著正效应,6 月日照时数和 5 月平均昼夜温差交互作用对可溶性固形物含量具有极显著负效应。金冠苹果总糖含量主要受 5、6、8 月平均昼夜温差及 7 月日照时数的影响,5、6、8 月较大平均昼夜温差有利于果实糖分的积累。金冠苹果总酸含量与 8 月均温、年降雨量分别存在显著和极显著负相关的二次曲线关系。5 月平均昼夜温差与年日照时数交互作用对金冠苹果 V_C 含量具有极显著的正效应。

表 4 川藏高海拔地区 5 个重要产地金冠苹果品质与气象因子的多元非线性回归分析
Table 4 Non-linear regression between quality of Golden Delicious apple and meteorological factors in five key production cities of high attitude area in Sichuan-Tibet

品质 Quality	主要气象因子 Major meteorological factors	回归方程 Non-linear regression formulation	偏相关系数 Partial correlation coefficient
单果质量(Y_1) Mean individual fruit weight	8 月均温(X_4) MT of August	$Y_1=52.298\ 9+4.366\ 3X_4+$ $0.175\ 6X_{23}-0.001\ 6X_8X_{13}$	$r(X_4)=0.999\ 9^{**}$
	7 月平均昼夜温差(X_8) MTDR of July		$r(X_{23})=0.999\ 9^{**}$
	7 月 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温(X_{13}) $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ATU of July		$r(X_8X_{13})=-0.999\ 9^{**}$
	7 月日照时数(X_{23}) SH of July		
果形指数(Y_2) Fruit shape index	5 月平均昼夜温差(X_6) MTDR of May	$Y_2=0.878\ 9-0.000\ 2X_9X_{10}+$ $0.000\ 6X_6X_{10}$	$r(X_9X_{10})=-0.993\ 8^{**}$
	8 月平均昼夜温差(X_9) MTDR of August		$r(X_6X_{10})=0.999\ 2^{**}$
	年均昼夜温差(X_{10}) MTDR of annual		
果实硬度(Y_3) Firmness	6 月降雨量(X_{17}) AP of June	$Y_3=8.363\ 1-0.000\ 05X_{17}X_{20}+$ $0.000\ 04X_{20}X_{24}$	$r(X_{17}X_{20})=-0.981\ 1^{**}$
	年降雨量(X_{20}) AP of annual		$r(X_{20}X_{24})=0.894\ 2$
	8 月日照时数(X_{24}) SH of August		
花青苷含量(Y_4) Anthocyanin content	8 月均温(X_4) MT of August	$Y_4=-0.438\ 6+0.002\ 9X_9X_{23}-$ $0.012\ 4X_4X_9$	$r(X_9X_{23})=0.992\ 4^{**}$
	8 月平均昼夜温差(X_9) MTDR of August		$r(X_4X_9)=-0.949\ 8^*$
	7 月日照时数(X_{23}) SH of July		
可溶性固形 物含量(Y_5) Soluble solids content	5 月平均昼夜温差(X_6) MTDR of May	$Y_5=8.694\ 0+0.776\ 6X_6-$ $0.001\ 7X_6X_{22}$	$r(X_6)=0.999\ 7^{**}$
	6 月日照时数(X_{22}) SH of June		$r(X_6X_{22})=-0.999\ 1^{**}$
总糖含量(Y_6) Total sugars content	5 月平均昼夜温差(X_6) MTDR of May	$Y_6=119.277\ 5+0.385\ 2X_6X_9-$ $0.019\ 4X_6X_{23}+0.006\ 3X_7X_{23}$	$r(X_6X_9)=0.999\ 9^{**}$
	6 月平均昼夜温差(X_7) MTDR of June		$r(X_6X_{23})=-0.999\ 7^{**}$
	8 月平均昼夜温差(X_9) MTDR of August		$r(X_7X_{23})=0.998\ 5^{**}$
	7 月日照时数(X_{23}) SH of July		
总酸含量(Y_7) Total acids content	8 月均温(X_4) MT of August	$Y_7=9.308\ 8-0.000\ 008X_{20}^2-$ $0.005\ 6X_4^2$	$r(X_{20}^2)=-0.989\ 7^{**}$
	年降雨量(X_{20}) AP of annual		$r(X_4^2)=-0.951\ 5^*$
V_C 含量(Y_8) V_C content	5 月平均昼夜温差(X_6) MTDR of May 年日照时数(X_{25}) SH of annual	$Y_8=16.03+0.001\ 1X_6X_{25}$	$r(X_6X_{25})=0.994\ 9^{**}$

2.3 金冠苹果适宜气象因子体系的建立

参照前人研究及国家标准设定金冠苹果的果实优质标准^[11,15],根据多元非线性回归方程(表 4),求出优质金冠苹果生产需要的主要气象因子最适值,结果见表 5。由表 5 可知,金冠苹果各品质指标达优质的气象最适值如下。①单果质量:8 月均温 21.3 ℃,7 月平均昼夜温差 9.7 ℃,7 月≥10 ℃积温 636.5 ℃,7 月日照时数 197.0 h。②果形指数:5 月平均昼夜温差 12.3 ℃,8 月平均昼夜温差 13.3 ℃,年均昼夜温差 12.8 ℃。③果实硬度:6 月降雨量 169.4 mm,年降雨量 787.9 mm,8 月日照时数 153.5 h。④花青苷含量:8 月均温 19.1 ℃,8 月平均昼夜温差 12.6 ℃,7 月日照时数 174.6 h。⑤可

溶性固形物含量:5 月平均昼夜温差 11.2 ℃,6 月日照时数 154.3 h。⑥总糖含量:5 月平均昼夜温差 10.6 ℃,6 月平均昼夜温差 11.0 ℃,8 月平均昼夜温差 11.7 ℃,7 月日照时数 200.8 h。⑦总酸含量:8 月均温 20.0 ℃,年降雨量 637.1 mm。⑧V_C 含量:5 月平均昼夜温差 11.4 ℃,年日照时数 2 405.6 h。综合分析确定,金冠苹果在川藏高海拔地区表现优良的适宜气象条件为:8 月均温 19.1—21.3 ℃,5、6、7、8 月及年均昼夜温差分别为 10.6—12.3,11.0,9.7,11.7—13.3 和 12.8 ℃,7 月≥10 ℃积温约 636.5 ℃,6 月及年降雨量分别为 169.4 和 637.1—787.9 mm,6、7、8 月及年日照时数分别为 154.3,174.6—200.8,153.5 和 2 405.6 h。

表 5 川藏高海拔地区金冠苹果品质达优质的主要气象因子指标体系和最适值
Table 5 Optimum meteorological factors for high quality of Golden Delicious apple in high attitude area of Sichuan-Tibet

果实 Fruit		达优所需主要气象因子指标体系(最适值) Major meteorological factors for high quality (optimum values)
指标 High quality index	优质标准 Value of high quality	
单果质量 Mean individual fruit weight	170 g	8 月均温 MT of August (21.3 ℃)、7 月平均昼夜温差 MTDR of July (9.7 ℃)、7 月≥10 ℃积温≥10 ℃ATU of July (636.5 ℃)、7 月日照时数 SH of July (197.0 h)
果形指数 Fruit shape index	0.94	5 月平均昼夜温差 MTDR of May (12.3 ℃)、8 月平均昼夜温差 MTDR of August (13.3 ℃)、年均昼夜温差 MTDR of annual (12.8 ℃)
果实硬度 Firmness	6.5 kg/cm ²	6 月降雨量 AP of June (169.4 mm)、年降雨量 AP of annual (787.9 mm)、8 月日照时数 SH of August (153.5 h)
花青苷含量 Anthocyanin content	3 nmol/cm ²	8 月均温 MT of August (19.1 ℃)、8 月平均昼夜温差 MTDR of August (12.6 ℃)、7 月日照时数 SH of July (174.6 h)
可溶性固形物含量 Soluble solids content	145 g/kg	5 月平均昼夜温差 MTDR of May (11.2 ℃)、6 月日照时数 SH of June (154.3 h)
总糖含量 Total sugars content	140 g/kg	5 月平均昼夜温差 MTDR of May (10.6 ℃)、6 月平均昼夜温差 MTDR of June (11.0 ℃)、8 月平均昼夜温差 MTDR of August (11.7 ℃)、7 月日照时数 SH of July (200.8 h)
总酸含量 Total acids content	4 g/kg	8 月均温 MT of August (20.0 ℃)、年降雨量 AP of annual (637.1 mm)
V _C 含量 V _C content	45 mg/kg	5 月平均昼夜温差 MTDR of May (11.4 ℃)、年日照时数 SH of annual (2 405.6 h)

3 讨论与结论

影响苹果品质的因素很多,其中生态因子起着关键作用,是苹果区划及栽培管理措施制定的根本依据^[16]。本研究发现,川藏高海拔地区 5—8 月及年度的均温、平均昼夜温差、≥10 ℃积温、日照时数、降雨量对金冠苹果品质的形成均有不同程度的影响,其中果实品质 8 个指标中的 6 个均受平均昼夜温差的显著影响,但国内外专家提出的苹果最适生态气象指标体系并未将平均昼夜温差纳入^[6],因此建议将平均昼夜温差纳入川藏高海拔地区金冠苹果最适生态气象指标体系,且作为川藏高海拔地区金冠苹果优质生产的最主要评价因子。

Tustin^[17]发现,冠内透光率对澳洲青苹果单果质量和可溶性固形物含量具有正效应。本研究发现,7 月日照时数对单果质量也具有正效应,但 6 月日照时数对可溶性固形物含量具有负效应,可见不同时

期的光照对果实品质的影响具有差异性。本研究发现,较大的平均昼夜温差及日照时数有利于川藏高海拔地区金冠苹果花青苷和总糖的积累,这与魏钦平等^[10]、余优森等^[18]的研究结果相似。与高华等^[11]对‘粉红女士’苹果品质与气象因子关系的研究结果相同的是,本研究发现总酸含量与年降雨量呈负相关,但不同之处在于本研究的年日照时数对 V_C 含量具有正效应,这可能是由于苹果品种的不同及分析方法的差异所致。本研究确定的最适生态因子可以为川藏高海拔地区苹果区划提供指导,同时据之可以拟定有效的生产管理技术规程。

川藏高海拔地区苹果主产区具有发展优质、有机苹果的巨大潜力^[2]。本研究发现,在川藏高海拔地区金冠苹果具有果面部分着红色、果形端庄、五棱凸起、糖酸含量高的特点,但该地区果实偏小,这一方面是由于金冠成花量大,果农疏于对花果及营养的管理,另一方面是因为该地区苹果生育期相对较

短。因此,加强疏花疏果及合理施肥是该区域金冠苹果管理的重点。

[参考文献]

- [1] 段晓凤,张磊,金飞,等.气象因子对苹果产量、品质的影响研究进展[J].中国农学通报,2014,30(7):33-37.
Duan X F, Zhang L, Jin F, et al. Research progress of effects of meteorological factors on apple yield and quality [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(7): 33-37. (in Chinese)
- [2] 谢红江,廖明安,江国良,等.四川省苹果产业发展现状、优势及构想[J].北方园艺,2011(19):169-171.
Xie H J, Liao M A, Jiang G L, et al. Speculation and developing present condition of apple industry in Sichuan Province [J]. Northern Horticulture, 2011(19): 169-171. (in Chinese)
- [3] 朱琳,郭兆夏,李怀川,等.陕西省富士系苹果品质形成气候条件分析及区划[J].中国农业气象,2001,22(4):50-53.
Zhu L, Guo Z X, Li H C, et al. Analysis of climatic conditions affecting the quality of Fuji apple and climate division in Shaanxi Province [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2001, 22(4): 50-53. (in Chinese)
- [4] 杜纪壮,秦立者,李学华.河北省太行山区苹果生产气象条件评析[J].华北农学报,2007,22(增刊):195-199.
Du J Z, Qin L Z, Li X H. Evaluation of meteorological conditions for apple production in Taihang Mountain of Hebei [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2007, 22(S): 195-199. (in Chinese)
- [5] 张光伦.生态因子对果实品质的影响[J].果树科学,1994,11(2):120-124.
Zhang G L. Influence of fruit quality on ecological factors [J]. Journal of Fruit Science, 1994, 11(2): 120-124. (in Chinese)
- [6] 王菱,尹思明.气象条件对苹果品质影响的分析[J].中国农业气象,1992,13(4):15-18.
Wang L, Yin S M. An analysis on the effect of meteorological conditions on apple quality [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 1992, 13(4): 15-18. (in Chinese)
- [7] 李保国,郭素平,齐国辉,等.红富士苹果生态适宜栽培区评价方法研究[J].西北林学院学报,2006,21(5):78-80.
Li B G, Guo S P, Qi G H, et al. Study on evaluation method of ecological optimum growing area of red Fuji apple [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006, 21(5): 78-80. (in Chinese)
- [8] 曲衍波,齐伟,赵胜亭,等.胶东山区县域优质苹果生态适宜性评价及潜力分析[J].农业工程学报,2008,24(6):109-115.
Qu Y B, Qi W, Zhao S T, et al. Ecological suitability evaluation and potential analysis of top quality apple in Jiaodong mountainous areas at county level [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(6): 109-115. (in Chinese)
- [9] 杨振伟.气象因子与国光苹果品质关系的研究[J].华北农学报,2000,15(增刊):148-152.
Yang Z W. Study on the effects of meteorological factors on 'Ralls' apple quality [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2000, 15(S): 148-152. (in Chinese)
- [10] 魏钦平,张继祥,毛志泉,等.苹果优质生产的最适气象因子和气候区划[J].应用生态学报,2003,14(5):713-716.
Wei Q P, Zhang J X, Mao Z Q, et al. Optimum meteorological factors and climate divisions of apple for good quality [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(5): 713-716. (in Chinese)
- [11] 高华,樊红科,鲁玉妙,等.陕西渭北旱塬'粉红女士'苹果品质与气象因子的关系[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(11):97-101.
Gao H, Fan H K, Lu Y M, et al. Relationship between fruit quality of 'Pink Lady' apple and meteorological factors in Chinese Weibei Highland areas [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2009, 37(11): 97-101. (in Chinese)
- [12] 姜仲书,张光伦,江国良.金冠苹果树冠内光质构成及其与果实品质的相关性[J].果树学报,2008,25(5):625-629.
Jiang Z S, Zhang G L, Jiang G L. Study on light component and its correlation with fruit quality in canopy of Golden Delicious apple tree [J]. Journal of Fruit Science, 2008, 25(5): 625-629. (in Chinese)
- [13] 罗旭.不同海拔对金冠苹果光合特性和果实品质的影响[D].四川雅安:四川农业大学,2013.
Luo X. Study on photosynthetic characteristics and fruit quality of Golden Delicious at different high altitudes [D]. Ya'an, Sichuan: Sichuan Agricultural University, 2013. (in Chinese)
- [14] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:21-59.
Cao J K, Jiang W B, Zhao Y M. Experiment guidance of fruits and vegetables' postharvest physiology and biochemistry [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 21-59. (in Chinese)
- [15] 王海波,李林光,刘嘉芬,等.'金冠'苹果果实发育后期的品质变化及其成熟阶段区分[J].中国农业科学,2013,46(20):4310-4320.
Wang H B, Li L G, Liu J F, et al. Changes of qualities during the fruit late development of 'Golden Delicious' apple and distinguishing its ripening process [J]. Scientia Agricultural Sinica, 2013, 46(20): 4310-4320. (in Chinese)
- [16] 曲泽洲,陈四维.果树生态[M].上海:上海科学技术出版社,1988:65.
Qu Z Z, Chen S W. Fruit ecological [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1988: 65. (in Chinese)
- [17] Tustin D S. Influence of orientation and position of fruiting laterals on canopy light penetration, yield and fruit quality of Granny Smith apple [J]. Amer Soc Hortuic Sci, 1988, 113: 693-699.
- [18] 余优森,葛秉钧,萧永义.苹果含糖量与温度关系的研究[J].中国农业气象,1990,11(8):34-37.
Yu Y S, Ge B J, Pu Y Y. Relatedness between temperature and sugar content of apple [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 1990, 11(8): 34-37. (in Chinese)