

陕西渭北旱塬“粉红女士”苹果品质 与气象因子的关系

高 华,樊红科,鲁玉妙,万怡震,王雷存,赵政阳

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 **【目的】**研究“粉红女士”苹果品质与气象因子的关系,为“粉红女士”苹果优质生产、合理区划提供理论依据。**【方法】**2005—2007 年,对陕西渭北旱塬 3 个生态类型区(由南至北分别为富平、白水、洛川)栽培的“粉红女士”苹果的果实品质进行测定,利用多元统计法研究果实品质与年平均气温、年有效积温、年降水量等气象因子的相关关系,并根据建立的回归方程,求出使“粉红女士”苹果果实品质达到优良的主要气象因子最适值。**【结果】**3 个生态类型区“粉红女士”果实的总糖、总酸和果皮花青苷含量等差异较大,富平产区的果实综合品质表现较优,而洛川产区的较差;4~10 月平均降水量、年有效积温、4~10 月平均气温日较差、年均日照时数是影响“粉红女士”苹果品质的主要气象因子,其中年有效积温、4~10 月平均降水量是主要限制因子;年平均气温 12.2 ℃,年有效积温 3 210 ℃,年均日照时数 2 573 h,4~10 月日照时数 1 680 h,4~10 月平均降水量 484 mm,4~10 月平均气温 15.5 ℃,4~10 月平均气温日较差 10.8 ℃,是“粉红女士”苹果果实品质表现优良的适宜气象因子。**【结论】**建立了“粉红女士”果实优质的主要气象因子评价体系和最适值。

【关键词】 “粉红女士”苹果;果实品质;气象因子;多元统计分析

【中图分类号】 S162.5⁺5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)11-0097-05

Relationship between fruit quality of ‘Pink Lady’ apple and meteorological factors in Chinese Weibei Highland areas

GAO Hua, FAN Hong-ke, LU Yu-miao, WAN Yi-zhen,

WANG Lei-cun, ZHAO Zheng-yang

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** This study explored the relationship between fruit quality of ‘Pink Lady’ apple and meteorological factors in order to provide a theoretical basis for apple industry and agricultural zoning. **【Method】** In 2005—2007, based on the multiple statistical analysis, the relation was studied between fruit quality of ‘Pink Lady’ apple and meteorological factors, such as annual average temperature, effective accumulated temperature, annual precipitation etc, in the three major regions of apple industry of Fuping, Baishui, and Luochuan in the Weibei Highland areas in China. According to the regression equations, the optimum values regarding the local key meteorological factors were calculated for production of the best quality in the ‘Pink Lady’ apples. **【Result】** The results showed that total sugars, total acids and anthocyanin varied among the ‘Pink Lady’ apples sampled from the three regions of the Weibei Highland in China. The quality of ‘Pink Lady’ apple expressed better in Fuping than that in Luochuan. Total precipitation

* [收稿日期] 2009-03-04

[基金项目] 陕西省“13115”重大科技创新专项(2007ZDKG-08);陕西省“13115”科技创新工程项目(2008ZDGC-01)

[作者简介] 高 华(1970—),男,陕西延安人,讲师,硕士,主要从事苹果新品种选育及配套栽培技术研究。

E-mail: gaohua2378@163.com

[通信作者] 赵政阳(1964—),男,陕西富平人,教授,博士生导师,主要从事苹果新品种选育及优质高效栽培技术研究。

E-mail: zhaozy@nwsuaf.edu.cn

from Apr. to Oct. ,annual effective accumulated temperature,average temperature diurnal range from Apr. to Oct. ,and annul daylight duration were the principle factors that affected the fruit quality of ‘Pink Lady’ apples. Among them,annual effective accumulated temperature, and total precipitation from Apr. to Oct. were the two most important factors. Annual average temperature of 12. 2 ℃ ,effective accumulated temperature reaching 3 210 ℃ ,annual average daylight duration of 2 573 h,daylight duration from Apr. to Oct. reaching 1 680 h,average precipitation from Apr. to Oct. reaching 484 mm,average temperature from Apr. to Oct. being 15. 5 ℃ ,and average temperature diurnal range from Apr. to Oct. being 10. 8 ℃ ,were the optimum values of the meteorological factors for expression of the highest quality of ‘Pink Lady’ apples. 【Conclusion】 Regression equation was obtained to efficiently analyze the effects of meteorological factors on quality in the ‘Pink Lady’ apples in this study.

Key words: ‘Pink Lady’ apple;fruit quality;meteorological factor;multiple statistical analysis

“粉红女士”是世界主栽苹果品种之一^[1],其果实品质优良,世界各苹果主产区竞相推广栽培。近几年,“粉红女士”苹果在陕西渭北地区的栽培面积也在不断扩大^[2],但各产区果实品质差异较大。在栽培与管理措施相近的情况下,气象条件应该是造成这种差异的主要原因。因此,有必要对“粉红女士”苹果品质与气象因子间的相关关系进行研究。品种区划既是农业区划中的一项重要内容,也是指导农业生产的重要理论基础。考察生态气象因子与品种之间的关系是品种区划的重要研究内容。研究渭北地区生态气象因子与“粉红女士”果实品质的关系,对指导该品种在当地的优质高效生产、提高果实品质具有重要意义。目前,有关气象单因子对苹果品质影响的研究较多^[3-7],但有关气象综合因子对苹果品质影响的研究还较少,尤其是立足于渭北黄土高原特殊气候条件下的研究尚未见报道。本研究对

陕西渭北旱塬 3 个不同气候条件下有代表性苹果生态类型区的果实进行取样调查,应用统计分析方法,研究影响“粉红女士”苹果品质的关键气象因子,以期为“粉红女士”苹果的优质生产、合理区划、规模化种植及建立高档果品出口生产基地提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验点的选择及其主要气象因子

试验点选择在陕西渭南北部的富平县、渭北中部的白水县和渭北北部的洛川县 3 个不同生态类型苹果主产区。各产区气象资料由当地县气象局提供,海拔高度为采样点海拔高度,用 GPS 定位仪测量。本研究所选择的年平均气温、年有效积温、年降水量、年均日照时数、4~10 月日照时数、4~10 月平均降水量、4~10 月平均气温、4~10 月平均气温日较差等气象因子^[8]及果园海拔高度见表 1。

表 1 渭北地区 3 个不同生态类型苹果产区的主要气候生态指标

Table 1 Meteorological conditions of three areas suitable for apple growing in Weibei Highland

试验点 Site	年平均 气温/℃ Annual average temperature	年有效 积温/℃ Effective accumulated temperature	年降水 量/mm Annual precipitation	年均日照 时数/h Annual average sunshine duration	4~10 月 日照 时数/h Daylight duration from Apr. to Oct.	4~10 月 平均降 水量/mm Average precipitation from Apr. to Oct.	4~10 月 平均 气温/℃ Average temperature from Apr. to Oct.	4~10 月 平均气温日 较差/℃ Average temperature diurnal range from Apr. to Oct.	海拔/m Altitude
富平 Fuping	13.1	3 682	587.2	2 816	1 524	507.1	19.6	10.6	666
白水 Baishui	9.2	3 417	574.1	2 552	1 373	428.3	16.3	10.7	912
洛川 Luochuan	8.8	3 158	540.7	2 100	1 308	387.2	15.9	15.2	1 158

1.2 取 样

2005—2007 年,连续 3 年对陕西渭北旱塬 3 个不同生态类型苹果主产区的“粉红女士”果实品质进行定点取样分析。采样时,考虑果园管理措施的一致性以及取样的代表性和涵盖面,每个生态点选择

管理水平较一致的 7~8 年生果园 3 块(树形为纺锤形,栽植密度 2 m×3 m,矮化砧为 M26,常规管理),在盛花后 195 d(果实成熟时),每园选择 10 株,在每株树冠外围取 10 个果实,每个果园共取 100 个果实,用于果实品质分析。

1.3 测定指标及方法^[9]

果实单果质量采用 SI-2002 型电子天平称量;果形指数用游标卡尺测定果实纵横径,由纵径/横径计算而得;果实硬度采用 FT30 型果实硬度计测定;总糖采用蒽酮法测定;总酸采用滴定法测定;维生素 C 用碘酸钾滴定法测定;果皮花青苷含量用盐酸乙醇浸提法测定。

1.4 数据处理

1.4.1 各气象因子编码 主要气象因子年平均气温、年有效积温、年降水量、年均日照时数、4~10 月日照时数、4~10 月平均降水量、4~10 月平均气温、4~10 月平均气温日较差为 3 年数据的平均值,分别用 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 、 X_8 表示。

1.4.2 回归分析法 由于影响苹果品质的气象因素很多,而这些因素之间存在多重性、共线性、相互依赖性等多种关系,因此本研究采用多项式逐步回

归分析法,以各气象因子为自变量,以果实品质各项指标为因变量,确定影响果实品质的主要气象因子,以及优质果品形成的气象因子最适值。

2 结果与分析

2.1 不同生态类型区“粉红女士”苹果品质的比较

表 2 显示,3 个生态类型区“粉红女士”果实品质各异,单果质量和果形指数差异不大,而果实总糖、总酸及果皮花青苷含量差异较大。“粉红女士”在富平表现为果形端正,着粉红色,色泽鲜艳,果面洁净,果实含酸量适宜,综合品质优;在白水表现为果实较酸,果皮花青苷含量较高,果实着色较深,为暗红色;在洛川地区果实偏小,硬度大,酸度高,果面色泽为黑红色,综合品质较差。可见,“粉红女士”苹果在陕西渭北南部低纬度地区栽植综合品质表现较好。

表 2 陕西渭北 3 个生态类型区“粉红女士”苹果的品质表现

Tabel 2 Quality of ‘Pink Lady’ apple in the three areas of Weibei Highland

采样地点 Site	果形指数 Fruit shape index	单果质量/g Average fruit weight	花青苷/ (mg·g ⁻¹) Anthocyanin	果实硬度/ (kg·cm ⁻²) Firmness	总糖/(g·kg ⁻¹) Total sugars	总酸/(g·kg ⁻¹) Total acids	V _C / (mg·kg ⁻¹)
富平 Fuping	0.932 a	186.3 a	82.60 c	7.54 b	132.4 c	6.0 c	91.2 a
白水 Baishui	0.911 a	181.9 a	97.20 b	7.86 b	148.7 b	7.7 b	74.8 b
洛川 Luochuan	0.915 a	173.4 b	111.38 a	9.20 a	153.5 a	8.7 a	70.4 b

注:同列数据后标不同字母者表示差异显著(0.01<P<0.05)。
Note: Values marked with ‘a’, ‘b’, or ‘c’ in the same column show significant difference (0.01<P<0.05).

2.2 影响“粉红女士”苹果品质的主要气象因子

苹果品质受多项气象因子及不同时期同一气象

因子的影响,渭北地区“粉红女士”苹果品质与气象因子的相关分析结果见表 3。

表 3 渭北地区“粉红女士”苹果品质与气象因子的相关分析

Table 3 Coefficient between ‘Pink Lady’ apple quality and principle meteorological factors in Weibei Highland

气象因子 Meteorological factor	果形指数 Fruit shape index	单果质量 Average fruit weight	果实硬度 Firmness	花青苷 Anthocyanin	总糖 Total sugars	总酸 Total acids	V _C
年平均气温 Annual average temperature	0.913 2*	0.769 9	-0.849 4	-0.851 0	-0.596 9*	-0.906 6*	0.939 9**
年有效积温 Effective accumulated temperature	0.695 1	0.890 9*	-0.906 7*	-0.906 9*	-0.171 3	-0.897 7*	0.862 3
年降水量 Annual precipitation	0.811 5	0.943 3**	-0.975 9**	-0.978 6**	-0.289 8	-0.982 1**	0.960 1**
年均日照时数 Annual average daylight duration	0.594 2	0.904 6*	-0.897 0*	-0.893 6*	-0.013 8	-0.864 7	0.806 0
4~10 月日照时数 Daylight duration from Apr. to Oct.	0.824 4	0.852 7	-0.901 3*	-0.906 8*	-0.392 4	-0.925 8*	0.924 5*
4~10 月平均降水量 Average precipitation from Apr. to Oct.	0.856 9	0.926 2**	-0.970 9**	0.850 5	-0.370 8	-0.989 5**	0.980 1**
4~10 月平均气温 Average temperature from Apr. to Oct.	0.899 1*	0.768 7	-0.845 4	-0.855 6	-0.362 2	-0.899 8*	0.930 6*
4~10 月平均气温日较差 Average temperature diurnal range from Apr. to Oct.	-0.346 0	-0.925 7**	0.862 7	0.975 6	0.577 7*	-0.775 3	-0.661 6

注:数据后标“*”者表示相关性显著(0.01<P<0.05);数据后标“**”者表示相关性极显著(P<0.01)。
Note: Values marked with ‘*’ showing significant difference (0.01<P<0.05); Values marked with ‘**’ showing extremely significant difference (P<0.01).

将每项气象因子与果实品质指标进行相关分析 可知,气象因子与果实品质的关系较为复杂,气象因

子对不同品质指标的影响各异,各时期气象因子间既有单因子效应,又有交互作用(表 3)。果形指数、单果质量和 V_C 含量与年平均气温、年有效积温等各气象因子呈正相关,但与 4~10 月平均气温日较差呈负相关。果实硬度、花青苷、总糖、总酸与年平均气温、年有效积温等各气象因子呈负相关,但果实硬度、总糖与 4~10 月平均气温日较差呈正相关,花青苷与 4~10 月平均降水量、4~10 月平均气温日较差呈正相关。

剔除对目标函数影响较小的因子,对影响果实品质的主要气象因子,以果实品质为目标函数,应用多变量逐步线性回归,得到影响果实品质的关键生

态气象因子及其回归方程(表 4),各回归方程表明了关键气象因子的重要程度及正负效应。表 4 表明,果形指数主要受年平均气温、4~10 月平均气温的影响,果实单果质量主要受年均日照时数和年降水量的影响,果实硬度主要受年有效积温、4~10 月平均气温的影响,果皮花青苷含量主要受年有效积温、4~10 月平均气温日较差的影响,果实总糖含量主要受年平均气温、4~10 月平均气温日较差的影响,果实总酸含量主要受 4~10 月平均降水量的影响, V_C 含量主要受年均日照时数、4~10 月日照时数的影响。

表 4 影响渭北地区“粉红女士”苹果果实品质的主要气象因子及其回归方程

品质 Quality	主要气象因子 Major meteorological factors	回归方程 Regression equation	偏相关系数 Partial correlation coefficient
果形指数(Y_1) Fruit shape index	年平均气温(X_1) Annual average temperature	$Y_1=1.713\ 0+0.089\ 9X_1-0.099\ 9X_7$	$r(X_1)=0.931\ 7^*$
	4~10 月平均气温(X_7) Average temperature from Apr. to Oct.		$r(X_7)=0.983\ 2^{**}$
单果质量(Y_2) Average fruit weight	年均日照时数(X_4) Annual average daylight duration	$Y_2=141.975\ 1+0.016\ 5X_4+0.223\ 6X_3$	$r(X_4)=0.931\ 6^*$
	年降水量(X_3) Annual precipitation		$r(X_3)=0.981\ 3^{**}$
果实硬度(Y_3) Firmness	年有效积温(X_2) Effective accumulated temperature	$Y_3=12.240\ 5-0.001\ 3X_2+0.009\ 7X_7$	$r(X_2)=0.931\ 6^*$
	4~10 月平均气温(X_7) Average temperature from Apr. to Oct.		$r(X_7)=0.958\ 1^{**}$
花青苷(Y_4) Anthocyanin	年有效积温(X_2) Effective accumulated temperature	$Y_4=283.993\ 8-0.054\ 4X_2+0.002\ 5X_8$	$r(X_2)=0.931\ 7^*$
	4~10 月平均气温日较差(X_8) Average temperature diurnal range from Apr. to Oct.		$r(X_8)=0.983\ 2^{**}$
总糖(Y_5) Total sugars	年平均气温(X_1) Annual average temperature	$Y_5=11.702\ 5-0.254\ 7X_1+0.001\ 4X_8$	$r(X_1)=0.931\ 6^*$
	4~10 月平均气温日较差(X_8) Average temperature diurnal range from Apr. to Oct.		$r(X_8)=0.983\ 2^{**}$
总酸(Y_6) Total acids	4~10 平均降水量(X_6) Average precipitation from Apr. to Oct.	$Y_6=2.489\ 6-0.003\ 8X_6$	$r(X_6)=0.931\ 1^*$
V_C (Y_7)	年均日照时数(X_4) Annual average daylight duration	$Y_7=-7.313\ 8-0.000\ 8X_4+0.012\ 2X_5$	$r(X_4)=0.931\ 4^*$
	4~10 月日照时数(X_5) Daylight duration from Apr. to Oct.		$r(X_5)=0.983\ 1^{**}$

2.3 不同生态类型区“粉红女士”苹果栽培主要气象因子评价体系的建立

影响渭北地区“粉红女士”苹果果实品质的主要气象因子及其回归方程如表 4 所示。表 4 显示,苹果果实不同品质因素对气象因子的要求各异,根据回归方程,参照“粉红女士”果实优质指标^[10],求出“粉红女士”果实品质优良的主要气象因子优化均值

(表 5)为:年平均气温 12.2℃,年有效积温 3 210℃,年均日照时数 2 573 h,4~10 月日照时数 1 680 h,4~10 月平均降水量 484 mm,4~10 月平均气温 15.5℃,4~10 月平均气温日较差 10.8℃;在此适宜的气候条件下,有利于提高“粉红女士”苹果的果实品质。

表 5 渭北地区“粉红女士”苹果果实品质与各气象因子关系的定量模型

Table 5 Optimum values of meteorological factors for production of the highest quality of ‘Pink Lady’ apples in Weibei Highland							
果实优质指标 Quality of fruit	果形指数 Fruit shape index	单果质量/g Average fruit weight	果实硬度/ (kg·cm ⁻²) Firmness	花青苷/ (mg·g ⁻¹) Anthocyanin	总糖/ (g·kg ⁻¹) Total sugars	总酸/ (g·kg ⁻¹) Total acids	Vc/ (mg·kg ⁻¹)
	0.94	200	9.16	89.5	123.4	6.5	84.6
气象因子最适值 Optimum value of meteorological factors	年平均气温/℃ Annual average temperature	年有效积温/℃ Effective accumulated temperature	年均日照时数/h Annual average sunshine duration	4~10 月日照时数/h Daylight duration from Apr. to Oct.	4~10 月平均降水量/mm Average precipitation from Apr. to Oct.	4~10 月平均气温/℃ Average temperature from Apr. to Oct.	4~10 月平均气温日较差/℃ Average temperature diurnal range from Apr. to Oct.
	12.2	3 210	2 573	1 680	484	15.5	10.8

3 结论与讨论

生态因子既是果树区划和实施栽培技术的根本依据,也是果树优质生产的重要条件^[11]。同一品种由于地理位置、气候条件的差异,果实品质差异明显^[12]。水分影响果实大小、质地、风味、耐贮性等,年降水量在 500~800 mm 可满足苹果生长的需要,但降水过多,果面光洁度、色泽、风味、耐贮性均变差,病虫害危害加重^[13]。陕西渭北地区气候干燥少雨,年降水量平均为 567.3 mm,接近苹果优质生产年降水量的下限,所以,降水量仍是渭北旱原地区“粉红女士”苹果优质生产的限制因子之一。

温度和光照对果实外观和内在品质都有重要作用^[14-16]。张光伦^[12]报道,年有效积温与苹果果实生长发育有明显相关性;余优森等^[17]认为,温度影响苹果花色苷的形成,冷凉夜晚利于苹果着色。同时,苹果花色苷的形成需要光,套袋苹果去袋后 1 d (13 h 日照)花色苷的合成被激活^[18],表明适宜的光照条件是果实着色的首要条件。光照弱,光合产物合成少,果个小,果实含糖量和维生素 C 合成减少,品质下降;但是光照太强,果实色泽发暗,影响果实外观品质。因“粉红女士”苹果是极晚熟品种,本研究中,陕西渭南南部的富平地区海拔低,具有年平均气温和 4~10 月日照时数适量,年日照时数多,有效积温高,热量充沛,4~10 月降水量和平均气温日较差适中条件,是“粉红女士”苹果生长的优生区;陕西渭北中部的白水地区由于年平均气温较低,4~10 月日照时数相对不足,“粉红女士”成熟期推迟,品质略有下降;而在白水以北的洛川地区,年平均气温低、年均日照时数不足、霜冻早,成了晚熟“粉红女士”苹果生产的主要限制因子,且该地区海拔高,4~10 月平均气温日较差大,因而果实色泽较暗、含酸量高、果个相对较小、果实硬度大、果实综合品质较差。

[参考文献]

[1] Cripps J E L,Richards L A,Mariata A M. ‘Pink Lady’ apple [J]. HortScience,1993,28:1057.

[2] 赵政阳,鲁玉妙,高 华,等. 粉红女士苹果在陕西的表现及栽培技术 [J]. 中国果树,2002(4):7-9.
Zhao Z Y,Lu Y M,Gao H,et al. Cultivation techniques and features of ‘Pink Lady’ apple in Shaanxi province [J]. China Fruits,2002(4):7-9. (in Chinese)

[3] 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)

[4] 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)

[5] 魏钦平,程述汉,唐 芳,等. 红富士苹果品质与生态气象因子关系的研究 [J]. 应用生态学报,1999,10(3):289-292.
Wei Q P,Cheng S H,Tang F,et al. Relationship between fruit quality of Fuji apple and meteorological factors [J]. Journal of Applied Ecology,1999,10(3):289-292. (in Chinese)

[6] Qiu B W,Chi T H, Wang Q M. Fruit tree suitability assessment using GIS and criteria evaluation [J]. Transactions of the CSAE,2005,21(6):96-100.

[7] Ananthakrishna M S. Effect of apple position on the tree on maturity and quality [J]. J Hortic Sci,1983,58:31-36.

[8] 魏钦平. 苹果品质与生态因子关系的研究 [D]. 陕西杨凌:西北农业大学,1996:173-175.
Wei Q P. Relationship between fruit quality of apple and meteorological factors [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest Agricultural University,1996:173-175. (in Chinese)

[9] 潘瑞炽. 植物生理学 [M]. 北京:高等教育出版社,2004.
Pan R Z. Plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press,2004. (in Chinese)