

doi:10.11937/bfyy.20171235

## 矮化富士苹果树冠不同部位果实品质分析

刘 珩, 卢明艳, 王 涛, 杜 研, 张东亚

(新疆林业科学院 园林绿化研究所, 新疆 乌鲁木齐 830063)

**摘 要:**以矮化富士苹果树为试材,采集不同树冠方位果实,对品质进行测定及分析。研究了苹果矮化栽培模式对不同树冠方位果实品质的影响。以期明确矮化苹果不同树冠方位果实品质性状差异,为进一步改造老果园及优化树体结构提供参考依据。结果表明:外在及内在品质中上部优于下部,东南部优于西北部;大量及微量元素中下部优于上部,水平方向无明显规律。

**关键词:**苹果;树冠;果实;品质

**中图分类号:**S 661.105<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)20-0054-06

苹果矮化集约栽培具有结果早、优质高效和便于机械化作业等优点,已成为当今世界苹果生产的主要形式,也是我国苹果产业调整的发展方向<sup>[1-3]</sup>。苹果是喜光果树,不同树形树冠对光照强度分布的比例不同,而光照对苹果的叶片发育、花芽分化、坐果、果实生长及品质都会产生重要影响<sup>[4]</sup>。国内多名科研人员在山东、河北、陕西等地对多种乔化苹果果实进行了测定及分析,结果表明,相对与乔化苹果,矮化苹果具有早实、前期产量大等优点<sup>[5-9]</sup>。但涉及矮化苹果不同树冠方位果实品质的详细对比分析报道较少。新的树体修剪模式,由于树冠不同部位的光照、温度、湿度、通风等微生态环境较以前不同,因此不同方位的果实品质存在着一定的差异,了解其不同方位果实

品质,有利于促进现有苹果栽培模式的更新换代及生产实践。现以矮化富士苹果树为试材,采集不同树冠方位果实,对品质进行测定及分析。研究了苹果矮化栽培模式对不同树冠方位果实品质的影响。以期明确矮化苹果不同树冠方位果实品质性状差异,为进一步改造老果园及优化树体结构提供参考依据,从而根据实际情况选择最适合的栽培模式,为苹果园栽培模式提供数据依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

供试的富士苹果果实样品采集地位于新疆生产建设兵团农一师6团2连矮密集约苹果栽培示范园内。园内主栽品种为“富士”(‘Fuji’),授粉品种为“王林”,基砧为“八棱海棠”,中间砧为‘SH’,树形为自由纺锤形,株行距为2 m×4 m。该园管理较好,树形、树势一致。

#### 1.2 试验方法

于2016年春季在试验地,随机选择长势一致且长势较好的矮化富士苹果9株,分别挂牌标识。于2016年10月25日,按树冠上、中、下3个层次的东、南、西、北4个方向随机抽取3个果实,每株样树共45个果实,共抽取405个果实。进行单株

**第一作者简介:**刘珩(1982-),男,新疆乌鲁木齐人,硕士,高级工程师,现主要从事苹果属植物资源利用等研究工作。E-mail:20824564@qq.com.

**责任作者:**张东亚(1965-),男,河南扶沟人,硕士,研究员,现主要从事果树育种与栽培等研究工作。E-mail:115126909@qq.com.

**基金项目:**新疆科技兴农资助项目(XJKJXN2015-11);新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助项目(KY2017029)。

**收稿日期:**2017-07-10

果实品质差异分析,以每 3 株树为一个处理,单独分析,共 3 次重复。并于 2016 年 10 月 26 日测定其相关指标。

### 1.3 项目测定

采用电子分析天平测定单果质量;采用电子数显卡尺测定果形指数(纵径、横径);采用 GY-1 型果实硬度计测定果实去皮硬度;采用滴定法测定果实可滴定酸含量;采用 WYT 手持测糖仪测定果实的可溶性固形物含量及总糖含量;采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量;采用碘酸钾滴定法测定维生素 C 含量<sup>[10]</sup>。大量及微量元素含量采用原子吸收分光光度计法测定<sup>[11-12]</sup>。3 次重复取其平均值。

### 1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 统计分析软件和 Microsoft Excel 2007 软件处理进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同方位苹果果实的外在品质

由表 1 可知,矮砧富士苹果树冠不同方位果实的单果质量、果形指数、硬度变化规律不尽相同。单果质量方面,不同方位果实差异均不显著。呈现垂直方向下部>上部>中部,水平方向南部>东部>西部>北部的变化规律。由此可知树冠不同垂直方向上光照强度对单果质量无明显影响,但在树冠水平方向上,光照强度影响叶片的光合能力,同时影响光合产物向果实的运输和分配,从而影响单果质量;果形指数方面,最大的为上部北果 0.93,最小的为中部北果 0.72,所有部位果实果形指数均<1;果实硬度方面,不同方位区间为 6.73~9.35 kg·cm<sup>-2</sup>。总体呈现上部>下部>中部,但差异不显著,在水平方向上无明显规律。

表 1

不同方位苹果果实的外在品质

Table 1

External quality of apple fruits at different directions

方位		单果质量	纵径	横径	果形指数	硬度
Crown part		Average fruit weight/g	Vertical diameter/mm	Transverse diameter/mm	Fruit shape index	Firmness/(kg • cm <sup>-2</sup> )
上部 Upper	东	277.00abc	73.81abcd	90.66ab	0.81bc	9.35a
	南	241.33abc	70.87bcd	84.98bcd	0.83bc	7.68ab
	西	264.00abc	73.74abcd	79.89cd	0.92ab	7.18b
	北	286.00ab	79.79ab	78.99cd	0.93a	8.77ab
中部 Mid	东	210.17a	66.19d	85.88bcd	0.77bc	7.07b
	南	299.33ab	69.29cd	76.93d	0.84bc	7.75ab
	西	198.50c	75.78abcd	92.80ab	0.82bc	7.91ab
	北	218.17bc	70.96bcd	97.96a	0.72c	7.38ab
下部 Lower	东	276.50abc	70.15cd	86.37bcd	0.82bc	8.20ab
	南	267.83abc	77.87abc	89.15abc	0.87bc	6.73b
	西	292.17ab	74.96abcd	92.67ab	0.81bc	6.92b
	北	235.17abc	81.58a	92.25ab	0.89abc	8.47ab
标准差 Standard deviation		32.57	4.34	6.13	0.08	0.76
平均值 Average		263.85	73.75	87.38	0.84	7.78

### 2.2 不同方位苹果果实的内在品质

由表 2 可知,可滴定酸含量呈现下部>中部>上部,北部>东部>南部>西部的变化规律,其中最高为下部北果 0.67%,最小的为上部西果仅为 0.20%;总糖含量呈现上部>中部>下部,西部>南部>东部>北部的变化规律,其中最高为上部西果为 16.43%,最小的为下部东果为 13.78%;可溶性固形物含量呈现中部>上部>下

部,西部>南部>东部>北部的变化规律,其中最高为中部南果为 14.00%,最小的为中部东果 12.07%,各垂直及水平方向差异不明显,但与总糖含量变化规律呈正相关,与可滴定酸含量呈负相关。果实维生素 C 含量呈现上部>中部>下部,北部>南部>东部>西部的变化规律。其中最高的为上部北果 1.751 mg·kg<sup>-1</sup>,最小的为下部南果仅为 0.626 mg·kg<sup>-1</sup>,可见果实维生素 C

表 2  
Table 2  
不同方位苹果果实的内在品质  
Internal quality of apple fruits at different directions

方位 Crown part		可滴定酸含量 Organic acid content/%	总糖含量 Total sugar content/%	可溶性固形物含量 Soluble solids content/%	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	维生素 C 含量 Vitamin C content /(mg · kg <sup>-1</sup> )
上部 Upper	东	0.48ab	15.52a	12.40a	9.10a	1.06bcd
	南	0.32b	15.26a	12.67a	9.31a	1.483abc
	西	0.20b	16.43a	13.13a	8.51a	1.569ab
	北	0.42ab	14.96a	12.83a	8.81a	1.751a
中部 Mid	东	0.35b	16.15a	12.07a	8.66a	1.267abc
	南	0.41ab	15.52a	14.00a	9.49a	1.628ab
	西	0.50ab	15.25a	13.33a	10.17a	0.909cd
	北	0.41ab	14.58a	13.73a	10.15a	1.264abc
下部 Lower	东	0.44ab	13.78a	12.17a	9.10a	1.601ab
	南	0.50ab	15.10a	12.13a	10.06a	0.626d
	西	0.33b	14.58a	13.73a	8.39a	1.034cd
	北	0.67a	15.56a	12.63a	8.69a	1.208abc
标准差 Standard deviation		0.11	0.68	0.65	0.61	0.323
平均值 Average		0.42	15.22	12.90	9.20	1.283

含量随高度上升呈现增加趋势。

2.3 不同方位苹果果实的大量元素

由表 3 可知,果实磷、钾含量垂直方向均呈现下部>上部>中部,磷含量水平方向呈现东部>南部>北部>西部的变化规律,钾含量呈东部>西部>南部>北部的变化规律。其中,果实磷含量最高为下部东果为 1.218 mg · kg<sup>-1</sup>,最低为中

部南果为 0.800 mg · kg<sup>-1</sup>。果实钾含量最高为下部西果为 16.913 mg · kg<sup>-1</sup>,最低为中部西果为 13.413 mg · kg<sup>-1</sup>;果实钙含量垂直方向呈现中部>上部>下部,果实镁含量垂直方向呈现中部>下部>上部的变化规律。钙、镁含量在水平方向上均无明显规律。

表 3  
Table 3  
不同方位苹果果实的大量元素含量  
Massive elements in apple fruits at different directions

方位 Crown part		磷含量 P content	钾含量 K content	钙含量 Ca content	镁含量 mg content
上部 Upper	东	1.091ab	16.123ab	0.653b	0.517a
	南	1.005ab	14.090ab	0.743b	0.517a
	西	0.924ab	16.003ab	0.803ab	0.473a
	北	0.978ab	15.203ab	0.847b	0.583a
中部 Mid	东	0.979ab	16.110ab	1.017a	0.640a
	南	0.800b	15.193ab	0.840ab	0.633a
	西	0.905ab	13.413b	0.610ab	0.587a
	北	1.096ab	13.643ab	1.013a	0.497a
下部 Lower	东	1.218a	14.153ab	0.487ab	0.640a
	南	1.193a	15.697ab	0.443ab	0.510a
	西	0.878ab	16.913a	0.553ab	0.500a
	北	0.892ab	15.593ab	0.393ab	0.577a
标准差 Standard deviation		0.124	1.064	0.202	0.058
平均值 Average		0.997	15.178	0.700	0.556

2.4 不同方位苹果果实的微量元素

由表 4 可知,矮砧富士苹果树冠不同方位果实的铜、铁、锌、锰含量,垂直方向均呈现下部>中

部>上部的变化规律,由此可知铜、铁、锌、锰含量与树冠高度呈正相关。

表 4 不同方位苹果果实的微量元素

Table 4 Microelements in apple fruits at different directions mg · kg<sup>-1</sup>

方位 Crown part		铜含量 Cu content	铁含量 Fe content	锌含量 Zn content	锰含量 Mn content
上部 Upper	东	0.006 5bc	0.161 2a	0.003 8b	0.003 3b
	南	0.005 9bc	0.110 4a	0.005 6ab	0.004 8b
	西	0.006 2bc	0.133 8a	0.004 7ab	0.005 0b
	北	0.006 9bc	0.141 8a	0.003 7b	0.004 2b
中部 Mid	东	0.007 2abc	0.148 2a	0.006 6ab	0.004 4b
	南	0.007 1abc	0.158 9a	0.005 5ab	0.004 8b
	西	0.005 5a	0.169 9a	0.004 7ab	0.004 2b
	北	0.006 4bc	0.118 2a	0.006 1ab	0.004 8b
下部 Lower	东	0.009 1a	0.205 2a	0.007 0ab	0.006 9a
	南	0.007 5abc	0.191 7a	0.007 9ab	0.005 0b
	西	0.006 0bc	0.169 6a	0.008 9a	0.005 1b
	北	0.008 0ab	0.195 0a	0.004 4ab	0.004 3b
标准差 Standard deviation		0.000 1	0.028 6	0.001 5	0.000 8
平均值 Average		0.006 8	0.458 7	0.005 7	0.004 7

2.5 果实品质性状指标相关性分析

将 18 个果实品质性状指标,即外在品质、内在品质、大量元素和微量元素测定数据间(表 5)进行相关性分析。设置因子如下:单果质量为 X<sub>1</sub>,纵径为 X<sub>2</sub>,横径为 X<sub>3</sub>,果形指数为 X<sub>4</sub>,硬度为 X<sub>5</sub>,可滴定酸含量为 X<sub>6</sub>、总糖含量为 X<sub>7</sub>,可溶性固形物含量为 X<sub>8</sub>,可溶性糖含量为 X<sub>9</sub>,维生素 C 含量为 X<sub>10</sub>,磷为 X<sub>11</sub>,铜为 X<sub>12</sub>,铁为 X<sub>13</sub>,锌为 X<sub>14</sub>,锰为 X<sub>15</sub>,钾为 X<sub>16</sub>,钙为 X<sub>17</sub>,镁为 X<sub>18</sub>。

由 18 个果实品质性状指标进行相关性分析(表 5)可知,各营养成分指标具有一定的相关性。果实纵径、横径与单果质量呈极显著性正相关( $r=0.46、0.49$ )。可溶性固形物与总糖含量呈极显著性正相关( $r=0.57$ ),与钾含量呈极显著性正相关( $r=0.54$ )。总糖与磷、锰含量呈极显著性负相关( $r=-0.47、-0.58$ ),与钾含量呈极显著性正相关( $r=0.58$ )。各大量及微量元素间部分具有相关性,但无明显规律。从分析结果可知,果实各性状指标之间均有一定的联系,虽有指标

未达到显著性相关,但仍具有指导意义。

3 讨论

单果质量、果形指数、硬度、可滴定酸度、总糖、可溶性固形物、可溶性糖等成分综合影响苹果果实的外观和口感。对于消费者来说,较好的外观和适宜的口感意味着增加消费欲望,从而提高苹果生产效益。维生素 C、磷、铜、铁、锌、锰、钾、钙、镁等苹果果实重要的营养元素,虽然无法直接体现,但这些营养元素直接影响苹果果实的营养价值。

通过不同树冠方位果实品质性状指标分析可知,外在品质总的趋势表现为树冠中上部果实综合品质优于中下部,东南部优于西北部。内在品质中糖类、可溶性固形物、维生素 C 的趋势表现为树冠中上部果实优于中下部,酸类与之相反,水平方向无明显规律;大量及微量元素垂直方向均呈现下部>中部>上部,水平方向无明显规律。

表 5 果实品质性状指标相关性分析

Analysis of the correlation of fruit quality index

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>
X <sub>1</sub>	1.00																
X <sub>2</sub>	0.46**	1.00															
X <sub>3</sub>	0.49**	0.16	1.00														
X <sub>4</sub>	0.04	0.59**	-0.69**	1.00													
X <sub>5</sub>	0.03	0.31	-0.12	0.33*	1.00												
X <sub>6</sub>	0.01	0.32	0.21	0.05	0.40*	1.00											
X <sub>7</sub>	0.00	-0.04	-0.18	0.10	-0.21	-0.04	1.00										
X <sub>8</sub>	0.01	-0.28	0.17	-0.29	-0.29	-0.18	0.57**	1.00									
X <sub>9</sub>	0.11	-0.12	0.20	-0.22	-0.13	0.37*	0.37*	0.41*	1.00								
X <sub>10</sub>	-0.06	0.09	-0.35*	0.34*	0.00	-0.09	0.13	-0.02	-0.16	1.00							
X <sub>11</sub>	0.00	0.12	0.06	0.02	0.26	0.13	-0.47**	-0.42*	-0.21	0.37*	1.00						
X <sub>12</sub>	0.11	0.12	0.28	-0.15	0.30	0.25	-0.30	-0.30	0.00	0.03	0.45**	1.00					
X <sub>13</sub>	0.05	-0.35*	0.04	-0.27	0.01	0.00	0.14	0.10	0.24	-0.06	-0.20	0.36*	1.00				
X <sub>14</sub>	0.16	0.23	0.05	0.11	0.04	-0.07	-0.09	-0.17	-0.38*	0.34*	0.32	0.16	-0.15	1.00			
X <sub>15</sub>	-0.19	-0.16	-0.17	0.01	0.26	-0.12	-0.58**	-0.38*	-0.30	-0.02	0.42**	0.33*	0.11	0.05	1.00		
X <sub>16</sub>	0.13	0.05	0.24	-0.16	-0.09	0.15	0.58**	0.54**	0.30	-0.04	-0.13	-0.15	0.00	0.08	-0.47**	1.00	
X <sub>17</sub>	0.04	-0.11	0.31	-0.30	-0.04	0.02	-0.18	-0.06	-0.04	-0.34*	0.00	-0.08	-0.09	-0.01	0.06	-0.05	1.00
X <sub>18</sub>	-0.03	-0.18	0.06	-0.18	0.18	0.06	-0.21	0.10	-0.06	0.33*	0.38*	0.15	-0.12	0.19	0.37*	0.08	1.00

注:\*, 在 0.05 水平上显著相关; \*\*, 在 0.01 水平上显著相关。

Note: \*, Significant at the 0.05 level; \*\*, Significant at the 0.01 level.

由表5可知,各品质性状指标具有一定的相关性。单果质量与果实纵径、横径呈显著性正相关。可溶性固形物与总糖含量呈显著性正相关、与钾含量呈显著性正相关。总糖与磷、锰含量呈显著性负相关、与钾含量呈显著性正相关。

植物的生命活动受其自身及生存的自然环境影响,如气候、土壤等,自然条件将直接影响生长发育和果实营养含量的表现,苹果营养成分的形成是气候、土壤等诸多因子共同作用的结果<sup>[4]</sup>,因此今后还需针对光照、温湿度等气象因子对不同树冠方位果实品质性状指标的影响进行测定分析。

#### 4 结论

通过测定和分析不同树冠方位果实品质性状指标,在此基础上,结合相关性分析方法对各果实品质性状指标进行相关性分析。研究结果表明,外在及内在品质中上部优于下部,东南部优于西北部;大量及微量元素中下部优于上部,水平方向无明显规律。

#### 参考文献

[1] 李民吉,张强,李兴亮,等.五个SH系矮化中间砧对‘富士’

苹果树体生长、产量和品质的影响[J].中国农业科学,2016,49(22):4419-4428.

[2] 张宝娟,马娟娟,张东,等.渭北地区不同砧穗组合富士苹果幼树树体易成形性及早花早果性研究[J].西北农业学报,2017,26(3):405-411.

[3] 薛晓敏,路超,王金政,等.矮化中间砧对苹果树生长结果及果实品质的影响[J].落叶果树,2012,44(1):5-7.

[4] 马晓丹,郭彩玲,张雪,等.苹果树冠层不同光照区域叶绿素荧光性状计算方法[J].光谱学与光谱分析,2016,36(12):3986-3990.

[5] 杜社妮,耿桂俊,白岗栓,等.苹果树冠不同部位采样对果品品质分析的影响[J].北方园艺,2012(13):8-12.

[6] 吴亚维,向青云,杨华,等.红富士苹果树冠不同部位果实品质评价[J].贵州农业科学,2010,38(7):167-170.

[7] 丁宁,陈建明,丰艳广,等.矮化苹果负载量对氮素吸收、分配及利用的影响[J].园艺学报,2016,43(3):549-556.

[8] 李猛,王雷存,任小林,等.陕西地区红富士苹果冠层果实品质差异及相关性分析[J].果树学报,2010,27(6):859-863.

[9] 路超,王金政,薛晓敏,等.苹果树冠不同部位果实产量和品质特征及其与枝叶空间分布的关系[J].山东农业科学,2009(7):45-49,52.

[10] 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.

[11] 中国林业科学研究分析中心.现代实用仪器分析方法[M].北京:中国林业出版社,1994.

[12] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2001.

## Analysis of Fruit Quality of Different Parts of Dwarf Fuji Apple Crown

LIU Heng, LU Mingyan, WANG Tao, DU Yan, ZHANG Dongya

(Landscape Research Institute, Xinjiang Academy of Forestry, Urumqi, Xinjiang 830063)

**Abstract:** Dwarf Fuji apple tree was taken as the test material, fruits of different crowns were collected and the quality was tested and analyzed. The influence of dwarf apple cultivation mode on the quality of fruits of different crowns was studied to clarify the difference in the quality of dwarf apples with crowns at different positions to provide scientific basis for further transformation of old orchard and the optimization of tree structure. The results showed that the external and internal quality of the middle and upper part were superior to that of the lower part, and the quality of the southeast was better than that of the northwest; massive and microelements at the middle and upper part were superior to that at the upper part without obvious laws in the horizontal direction.

**Keywords:** apple; crown; fruit; quality