

栽植密度对冀西北地区金红苹果生长及果实品质的影响

杨 晔^{1,2}, 陈 倩³, 程子敏^{1,2}, 王 南^{1,2}, 徐学华^{1,2*}, 李玉灵^{1,2}

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省林木种质资源与森林保护重点实验室, 河北 保定 071000;
3. 山西省环境科学研究院, 山西 太原 030000)

摘 要:为了揭示密度对冀西北地区金红苹果生长及果实品质的影响规律,以张家口赤城县低山区不同密度金红苹果为对象,对其生长指标及其果实品质进行研究。结果表明:1)密度 M5(840 株·m⁻²)的金红苹果株高和当年生长量最大,M5 单果重最大,果实纵横径、果形指数与果重随密度变化基本一致;密度 M4(1 665 株·m⁻²)的金红苹果冠幅和地径最大。2)密度 M3(2 220 株·m⁻²)的硬度最高,密度 M5 的硬度最低;密度 M1(4 170 株·m⁻²)的可滴定酸含量最高,密度 M5 的最低;密度 M2(3 330 株·m⁻²)的维生素 C 含量最高,密度 M4 最低;普遍内膛果实硬度、可滴定酸和维生素 C 都>外围,而密度 M5 的可还原性糖最高,密度 M1 的最低,各密度外围含糖量明显>内膛;密度 M3 的可溶性固形物含量最高,密度 M2 最低。3)通过对各项品质的相关性得出单果重量和果实纵、横径呈正相关的关系,和可滴定酸、硬度是负相关的关系;可滴定酸与硬度呈正相关;通过对不同密度金红苹果果实品质的主成分分析与综合评价得出综合品质排名:M5 内膛>M5 外围>M4 外围>M4 内膛>M2 内膛>M2 外围>M3 外围>M3 内膛>M1 内膛>M1 外围,从而为确定最佳密度提供依据。

关键词:栽植密度;冀西北;金红苹果;生长指标;果实品质

中图分类号:S661.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)03-0117-06

Effects of Planting Density on the Growth and Fruit Quality of *Malus pumila* in Northwestern Hebei

YANG Ye^{1,2}, CHEN Qian³, CHENG Zi-min^{1,2}, WANG Nan^{1,2}, XU Xue-hua^{1,2*}, LI Yu-ling^{1,2}

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China;
2. Key Laboratory of Genetic Resources of Forest and Forest Protection of Hebei Province, Baoding, Hebei 071000, China;
3. Institute of Environmental Sciences in Shanxi, Taiyuan, Shanxi 030000, China)

Abstract: In order to investigate the effects of different cultivating densities on the growth and fruit quality of *Malus pumila* in northwestern Hebei Province, experimental plots with different cultivating densities were established in low mountainous area of Chicheng, Zhangjiakou municipality of Hebei. The results showed as follows. 1) The plant height and current increment of density M5 (840 plant·m⁻²) was the largest and the weight of single fruit was the heaviest. Variations of the fruit longitudinal and transverse diameters, fruit shape index and fruit weight were basically the same with the changes of density. The crown and ground diameters and M4 (1 665 plant·m⁻²) were the largest. 2) The fruit firmness of M3 (2 220 plant·m⁻²) was the highest, lowest for M5. Fruit titratable acid content of M1 was the largest, lowest for M5. Fruit vitamin C content of M2 was the highest, lowest for M4. The firmness, titratable acidity, and vi-

收稿日期:2017-08-19 修回日期:2017-10-28
基金项目:环京津生态脆弱区生态经济植被建设模式效益评价(201404214-3);十三五国家重点研发计划:沙化土地特色经济林高效栽培及产业化技术与示范(2016YFC0500802-07)。
作者简介:杨 晔,女,在读硕士,研究方向:生态学。E-mail:2315430844@qq.com
*通信作者:徐学华,男,博士,副教授,研究方向:生态学。E-mail:xuehuaxu2001@163.com

tamin C content of the inner fruit were greater than those of the periphery part. Soluble sugar of M5 was the highest, lowest for M1. The sugar content of periphery fruit in each density was obviously higher than those of the inner part. Soluble solids content of M3 was the highest, lowest for M2. 3) Correlation analysis indicated that the single fruit weight had a positive correlation with the fruit longitudinal and transverse diameters, and a negative correlation with titratable acidity and firmness. There was a positive correlation between titratable acidity and firmness. Through principal component analysis and comprehensive evaluation on fruit quality of different densities the fruit quality ranked as M5 inner > M5 periphery > M4 periphery > M4 inner > M2 inner > M2 periphery > M3 periphery > M3 inner > M1 inner > M1 periphery. The results would provide the basis for determining the optimum cultivating density.

Key words: planting density; Northwestern Hebei; *Malus pumila*; growth index; fruit quality

苹果(*Malus pumila*)是中国农业部确定的 11 种优势农产品之一,也是中国第一果品产业^[1],其产量占全国水果总产量的 26.6%^[2]。苹果品质的重要组成部分是果实的理化品质,各类糖、酸品质等指标是苹果理化品质评价的依据。1970 年以来,果树密植栽培技术措施在果树栽培中得到普及和推广,致使密度栽植在果树培育过程中得到应用。前人通过研究果树密度栽植对地上部的生长和结实的影响,发现密度栽植可以克服传统果树栽培过程中的缺点和不足,改良栽植技术,从而提高果实产量和品质^[2]。合理的栽植密度使内在和外观品质方面有显著的效果。李春阳^[3]研究不同栽植密度对霞多丽葡萄生长的影响发现,不同栽植密度下葡萄(*Vitis*)主干直径、枝直径和新梢长度随着密度的增大而减少,中、高密度栽植较优,密度为 0.6 m×3.0 m 的种植方式下的产量最佳。王小媚^[4]等对不同栽植密度杨桃(*Averrhoa carambola*)果实产量的研究发现 88 株·667 m⁻²为最佳栽植密度,产量最高,品质最好。不同栽植密度对苹果果实糖酸和其他物质含量也有很大影响。赵菁^[5]研究发现不同的栽植密度显著影响果实的生长进而影响果实品质,稀植的相对密植果实单果重、可溶性固形物、可溶性糖含量及石细胞含量会大一些,果实硬度、可滴定酸含量及 Vc 含量则稀植果树<密植果树果实。张秀芝^[6]对不同砧木对富士苹果品质指标的影响进行了相关研究,发现矮化砧富士苹果的单果重、可滴定酸含量和可溶性固形物含量高于乔化砧。

本研究以冀西北地区赤城县山地不同密度的 6 年生金红苹果为对象,研究不同密度金红苹果植株地径、株高、冠幅生长、单果重量、果实纵横径及果实硬度、可滴定酸、维生素 C、可溶性糖、可溶性固形物的差异,揭示栽植密度对不同密度金红苹果生长和果实品质的影响规律,旨在找到适合当地自然和土壤条件的合理的苹果栽植密度,从而达到节约土地资源、提高金红苹果产量及品质的目的,为冀西北地

区金红苹果的栽植提供一定的科学依据。

1 研究区概况

试验地位于张家口市赤城县屯军堡村东南低山地带,属于大陆性季风气候,中温带亚干旱区,四季分明,冬季寒冷,夏季凉爽,光照充足,降雨量少,雨热同期,昼夜温差大。平均海拔 1 100 m,年平均气温 4.2℃,最冷月 1 月,平均气温为-13℃,最热月 7 月,平均气温为 17.3℃。无霜期 120 d,年平均降雨量 425 mm。山地面积大,占 85.72%;耕地较少,以褐土和棕壤土为主,人工生态经济林占有一定面积,多种植金红苹果、仁用杏(*Armeniaca vulgaris*)、海棠(*Malus spectabilis*),樱桃(*Cerasus pseudocerasus*)等。距县城 12 km,交通方便。本区气候冷凉,植物生长缓慢,适宜金红苹果生长。

2 研究方法

2013 年在张家口赤城县屯军堡 S241 公路一侧设立试验地,示范总面积 10 hm²。样地内栽植同一品种、同一树形的金红苹果树,并进行了 4 170 (M1)、3 330 (M2)、2 220 (M3)、1 665 株·hm⁻² (M4)和 840 株·hm⁻² (M5)5 个密度试验。2016 年 9—10 月进行果树生长量和果实品质的测定。

2.1 生长指标测定

根据每种密度植株的地径和高度、冠幅等指标确定标准株,5 种密度分别选取 3 个标准株,测定金红苹果高度、地径等。于 2016 年 9 月对不同密度金红苹果标准株进行高度、地径、冠幅的测定。地径采用游标卡尺测定(mm);高度和冠幅采用卷尺测定(cm)。

2.2 果实产量及品质测定

2.2.1 果实取样 2016 年 9 月在不同密度的金红苹果 3 个标准株分内膛和外围各摘取 10 个金红苹果果实,分别取其平均值测定各密度金红苹果果实产量。然后带回实验室测定其硬度、可溶性固形物、

可溶性糖、可滴定酸和维生素 C 等指标。

2.2.2 果实产量和单果重量的测定 单果重量采用电子天平进行测定,每种密度分别取 30 个果实,取其平均值作为该密度的单果重量(g)。

2.2.3 果实硬度和果形指数 果实去皮,在样品中部选取 3 个点,采用 GY-1 型水果硬度计测定,各密度内膛和外围数值取其平均值作为果实的硬度($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$)。果形指数由公式计算得出(果形指数 = 果实纵径/果实横径)^[6];果实纵、横径由游标卡尺测量(cm)。

2.2.4 可滴定酸含量 测定可滴定酸含量采用酚酞指示剂碱式滴定法^[7](单位: $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)。按式(1)计算:

$$\text{可滴定酸含量}(\%) = [V \times N \times (V_0 - V_1) \times f \times 100] / (V_i \times M) \quad (1)$$

式中, V 为样品提取液的总体积(mL); N 为氢氧化钠滴定液的摩尔浓度($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$); V_0 为滴定滤液消耗的 NaOH 溶液毫升数(mL); V_1 为滴定蒸馏水消耗的 NaOH 溶液毫升数(mL); f 为折算系数($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$); V_i 为滴定时所取滤液体积(mL); M 为样品重量(g)。

2.2.5 维生素 C 含量 对维生素 C 含量的测定采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[8],按式(2)计算:

$$\text{维生素 C 含量}(\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ FW}) = [V \times (V_0 - V_1) \times N \times 100] / (V_i \times M) \quad (2)$$

式中, V_0 为样品滴定消耗的染料体积(mL); V_1 为空白滴定消耗的染料体积(mL); N 为 1 mL 染料溶液相当于抗坏血酸的量(mg); V_i 为滴定时所取样品溶液体积(mL)。

2.2.6 可溶性固形物含量 将果实样品汁液滴在手持电子糖度仪的检测镜上,然后按读数按钮,读取数值^[6]。

2.2.7 可溶性糖含量 测定可溶性糖含量采用蒽酮试剂法^[9],按式(3)计算:

$$\text{可溶性糖含量}(\%) = (C \times V \times N \times 100) / (V_i \times M \times 10^6) \quad (3)$$

式中: C 为从标准曲线查得的蔗糖微克数(μg); N 为样品提取液稀释倍数; V_i 为测定时所取样品提取液体积(mL)。

2.2.8 数据处理与分析 用 Excel 软件整理数据并作表绘图,用 SPSS21.0 对试验数据进行多重比较和主成分分析。

3 结果与分析

3.1 不同栽植密度对植株生长的影响

由表 1 可以看出:密度 M4 的金红苹果地径最

大,为 6.10 cm;其次是密度 M5 的金红苹果,为 6.04 cm;密度 M1 的金红苹果地径最小,为 5.15 cm。密度 M5 的金红苹果树高最大,为 340.13 cm,密度 M2、M3、M4 的金红苹果高度差异不显著,密度 M1 的金红苹果高度最低。从树高当年生长量来看,M5 的金红苹果生长最大,为 120.53 cm,密度 M1、M4 的金红苹果当年树高生长量差异不显著,密度为 M2 的金红苹果当年生长量最低。密度为 M4 的金红苹果冠幅最大,密度为 M1、M2 的金红苹果在东西方向明显大于南北方向,差异显著;M3、M4、M5 的金红苹果东西方向稍大于南北方向。M5 单果重最重,M3 单果果重最小,M5(52.21 g) > M2(49.694 g) > M4(49.565 g) > M1(43.945 g) > M3(42.018 g)。果实纵横径、果形指数与果重随密度变化基本一致,即 M5 最大,M3 最小。

3.2 不同栽植密度对果实品质的影响

3.2.1 对苹果硬度的影响 苹果硬度是反映苹果品质的重要指标之一^[10]。不同栽植密度金红苹果的硬度见图 1,可以看出,M3 外围和内膛的硬度均最大,分别为 $12.336 7 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $12.203 0 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,其次 M1 分别为 $12.041 1 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $12.063 0 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,M5 硬度最低分别为 $9.953 3 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $8.836 0 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$;M1 和 M4 内膛的硬度 > 外围,但差距不显著,而 M2、M3、M5 的内膛的硬度均 < 外围;M1 内膛和外围的硬度相差最小,仅 $0.021 9 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,M2 内膛和外围的硬度相差最大,相差 $1.778 4 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$;总体来说,M3 的硬度最高,M5 的硬度最低。

3.2.2 对可滴定酸含量的影响 可滴定酸度是苹果品质的重要构成性状之一,它与糖一样是影响果实品质的重要因素^[10]。从图 2 可以看出,M1 外围的可滴定酸含量最高,为 1.21%,其次是 M3 为 1.14%,M5 最低,只有 0.97%;各密度内膛的可滴定酸含量差异不显著,M1 最高,为 1.14%,其次是 M3,为 1.12%,M5 最低,为 0.94%;M5 外围和内膛的可滴定酸含量均为最低;M1、M3 和 M5 外围的可滴定酸含量比内膛高。总体来说 M1 的可滴定酸含量最高,M5 的可滴定酸含量最低。

3.2.3 对金红苹果维生素 C 含量的影响 一般每百克苹果的维生素 C 含量为 4.00 mg。不同栽植密度下金红苹果的维生素 C 含量见图 3,可以看出,内膛的维生 C 含量为 M2($5.911 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) > M1($5.090 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) > M5($3.777 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) > M4($2.956 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) > M3($2.956 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$),M3 和 M4 最低;M5 外围的维生素 C 含量最高, $4.926 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$,其次是 M2, $4.726 \text{ mg} \cdot$

100g⁻¹,M4 最低,为 2. 299 mg · 100g⁻¹;各密度内
腔的维生素 C 含量均比外围的高,M2、M5 内腔与
外围的维生素 C 含量相差最大,为 1. 149 mg ·

100g⁻¹,M3 的内腔与外围相差最小,为 0. 165 mg ·
100g⁻¹。总体来说,M2 的维生素 C 含量最高,其次
是 M1,M4 最低。

表 1 不同密度金红苹果生长指标

Table 1 Growth indexes of different cultivating densities

密度/m ²	地径/cm	高度/cm	树高当年 生长量/cm	冠幅/cm 东西×南北	单果重/g	纵径/cm	横径/cm	果形指数
M1	5.15	323.7	107.1	206.86×138.60	44.0	3.79	4.63	0.82
M2	5.78	328.4	94.0	236.80×118.53	49.7	4.00	4.83	0.83
M3	5.89	330.3	99.3	215.93×191.86	42.0	3.77	4.53	0.83
M4	6.10	330.7	107.1	230.20×225.93	49.6	4.05	4.82	0.84
M5	6.04	340.1	120.5	207.20×192.66	52.2	4.11	4.84	0.85

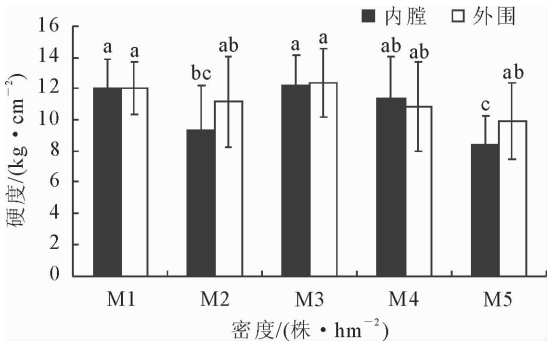


图 1 不同栽植密度对金红苹果硬度的影响

Fig. 1 Effect of different planting densities on the firmness
of *M. pumila* fruit

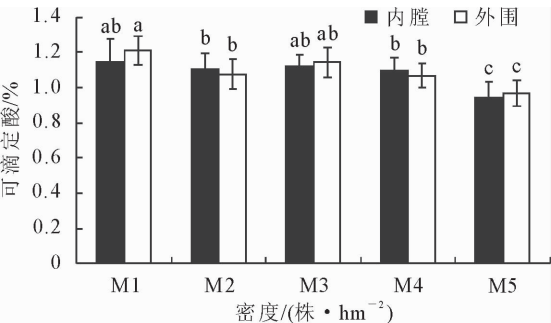


图 2 不同栽植密度对金红苹果可滴定酸含量的影响

Fig. 2 Effect of different planting densities on titratable
acid content

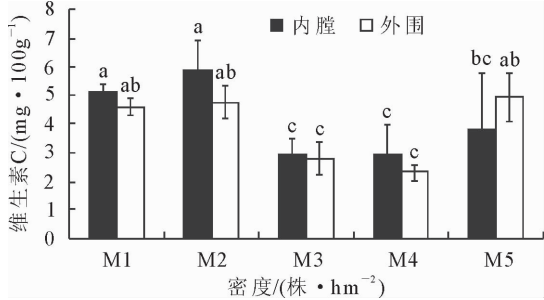


图 3 不同栽植密度对金红苹果维生素 C 含量的影响

Fig. 3 Effect of different planting densities on the
content of vitamin C

3.2.4 对可溶性固形物含量的影响 可溶性固形物是指液体或流体食品中所有溶解于水的化合物的总称^[10]。主要是指可溶性糖类,包括单糖、双糖,多

糖。不同栽植密度下金红苹果的可溶性固形物含量见图 4,可以看出,M3 外围的可溶性固形物含量最高,为17.433%,其次是 M5,为 16.522%,M1 的最低,为 15.356%;M3 内腔的可溶性固形物含量最高,为 16.911%,其次是 M5,为 16.500%,最低的是 M2,为 14.556%;M4 外围比内腔可溶性固形物含量低 0.064%,其他密度外围比内腔的可溶性固形物含量高;M5 内腔和外围可溶性固形物含量相差最小,0.022%,M2 相差最大为 0.988%。总体来说,M3 的可溶性固形物含量最高,其次是 M5,M2 可溶性固形物含量最低。

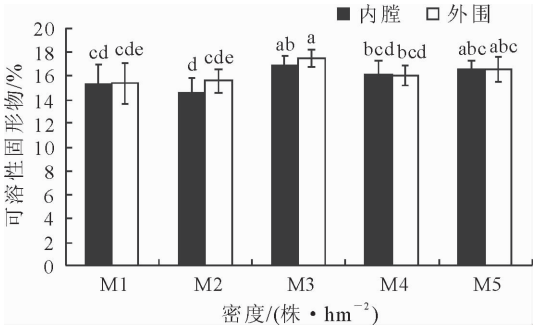


图 4 不同栽植密度对金红苹果可溶性固形物含量的影响

Fig. 4 Effect of different planting densities on the
soluble solids content

3.2.5 对可还原性糖含量的影响 可还原性糖含量比例是决定苹果甜度与风味品质的关键因素^[10]。不同栽植密度金红苹果的可还原性糖含量见图 5,可以看出,密度 M5 外围的可还原性糖含量最高,为 10.490%,其次 M3 为 10.420%,密度 M1 最低,10.340%;密度 M5 内腔的可还原性糖含量最高,10.370%,其次是 M4,为 10.250%,M2 的最低,9.880%。总体来说,密度 M5 的可还原性糖最高,其次是 M4、M2 最低。

3.2.6 不同密度金红苹果果实品质的主成分分析与评价 通过对金红苹果 10 项品质的主成分分析(表 2),得出 5 个主成分,其中前 3 个主成分累积贡献率达到 89.994%,符合试验分析要求。

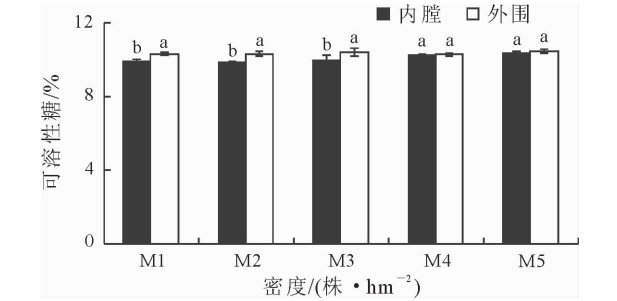


图 5 不同栽植密度对金红苹果可还原性糖含量的影响

Fig.5 Effect of different planting densities on the soluble sugar content

表 2 5 个主成分的特征值、贡献率及累计贡献率			
Table 2 Eigenvalue of 5 principal components,the contribution rate and the cumulative contribution rate			
主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	0.552	54.420	54.420
2	0.286	28.143	82.563
3	0.075	7.431	89.994
4	0.065	6.424	96.418
5	0.022	2.135	98.554

由表 3 各特征向量可以看出,第 1 主成分大小起决定作用的主要是苹果纵径、单果质量、苹果横径

表 3 入选主成分的特征向量									
Table 3 Eigenvector of the principal component									
主成分	单果重量	纵径	横径	果形指数	可滴定酸	硬度	可溶性固形物	可溶性还原糖	维生素 C
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
第 1 主成分	0.43	0.44	0.4	0.35	0.4	0.39	-0.02	0.15	0.06
第 2 主成分	-0.16	-0.04	-0.21	0.35	0.17	-0.1	0.6	0.41	-0.49
第 3 主成分	-0.14	-0.2	-0.25	-0.02	0.17	0.15	0.05	0.56	0.72

表 4 主成分因子载荷矩阵			
Table 4 Component matrixes			
密度	Y ₁	Y ₂	Y ₃
M1 内膛	0.928 425 352	0.410 816 953	0.441 059 879
M1 外围	0.901 131 25	0.444 967 617	0.4217 500 38
M2 内膛	1.026 394 015	0.345 408 651	0.485 228 604
M2 外围	0.976 425 596	0.434 104 425	0.430 546 152
M3 内膛	0.895 762 846	0.567 082 351	0.283 411 617
M3 外围	0.892 025 638	0.594 928 818	0.274 380 433
M4 内膛	0.960 190 522	0.544 622 795	0.277 067 999
M4 外围	0.988 280 204	0.589 652 726	0.194 922 278
M5 内膛	1.058 424 202	0.496 629 88	0.382 871 928
M5 外围	1.055 901 177	0.440 561 453	0.446 220 395

表 5 主成分综合得分										
Table 5 Synthesis score of principal component										
密度	M5 内膛	M5 外围	M4 外围	M4 内膛	M2 内膛	M2 外围	M3 外围	M3 内膛	M1 内膛	M1 外围
得分	0.755	0.743	0.729	0.707	0.702	0.696	0.683	0.678	0.663	0.656
排名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

和可滴定酸等品质,主要反映了苹果的外观品质;第 2 主成分中起决定作用的是可溶性固形物、维生素 C 和可还原性糖,主要反映了苹果的内在品质;第 3 主成分大小起决定作用的是维生素 C 和可还原性糖。3 个主成分基本涵盖原有果实所包含的全部品质,因此认为可以以此作为综合评价不同密度金红苹果果实品质的参考指标。

表 4 为主成分因子载荷矩阵,根据主成分分析原理,得出线性组合分别为: $Y_1=0.43X_1+0.44X_2+0.4X_3-0.35X_4+0.4X_5+0.39X_6-0.02X_7+0.15X_8+0.06X_9$; $Y_2=-0.16X_1-0.04X_2-0.21X_3+0.35X_4+0.17X_5-0.1X_6+0.6X_7+0.41X_8-0.49X_9$; $Y_3=-0.14X_1-0.2X_2-0.25X_3-0.02X_4+0.17X_5+0.15X_6+0.05X_7+0.56X_8+0.72X_9$ 。以各主成分特征值为分配系数,构建金红苹果果实品质综合评价模型: $Z=0.552Y_1+0.286Y_2+0.075Y_3$,根据评价模型,得到 5 个密度果树内膛及外围共 10 个处理的综合品质排名结果(表 5):M5 内膛>M5 外围>M4 外围>M4 内膛>M2 内膛>M2 外围>M3 外围>M3 内膛>M1 内膛>M1 外围。

4 结论与讨论

一般情况下植株冠幅越大越利于接收光照,树木栽植越密集会阻止树木生长,M5 植株在各密度中最高,当年生长量最大,冠幅趋向南北发展;M1 生长情况最差,总体上基本随密度的增大而减小;密度 M4 的冠幅最大,地径最大,有效枝条数也最多。M1、M2、M3 南北冠幅明显<东西冠幅,密度大导致树间距小,致使各树树枝交错生长,阻碍其延伸,并且光照不充足,使东西方向枝条生长茂盛,M4 和 M5 树间距良好,树的各个方位均可充分接受光照,树体内部枝条也长势良好,树形在各方位冠幅相对均衡。不同密度的平均单果重量基本随密度的减小

而增大,果实纵横径、果形指数与果重随密度变化基本一致,M5 单果重最大,这与吴兰坤^[12]等得出的结论基本一致,因为光照显著影响果实生长,低光照会缩小果实细胞体积,抑制果实增大。本试验中 M5 密度小,树间距大,接受的光照多,因此果实比其他密度的大。适宜的栽植密度有助于苹果果实产量的提高,栽植密度过小会阻碍树木的生长,降低产量;栽植密度过大能使果树充分利用光照和土地,但是会造成土地资源的浪费,使总产量降低。

光照对果实生长及品质的形成起着无比重要的作用,不同的栽植密度显著影响冠层接受的光照情况,从而导致光合效率的差异,进而影响果实品质^[13]。木合塔尔·扎热^[14]等通过比较全光和遮光下香梨的品质发现,光照强度与果实的含糖量呈正相关关系,与果实含酸量呈负相关关系,本试验中密度 M5 含糖量最高,含酸量最低,与前人得到的结论基本一致。果实在弱光情况下会增大其硬度,内膛果实硬度普遍都>外围果实,佟伟^[15]在研究鸭梨果实品质中也发现光照对果实硬度有很大影响,内膛果实硬度>外围。张绍玲^[16]等研究认为,遮光有利于维持果实的维生素 C 含量,本试验中高密度金红苹果含有较高的维生素 C 含量,而且内膛果实的维生素 C 含量显著>外围。综合金红苹果的各项品质,果实个大,果形良好,糖多酸少,维生素含量高的果实品质较优。研究得出,6 年生不同栽植密度金红苹果果实品质的综合评价排序为:M5 内膛>M5 外围>M4 外围>M4 内膛>M2 内膛>M2 外围>M3 外围>M3 内膛>M1 内膛>M1 外围,因此 M5 (4 m×2 m)是栽培过程中适宜的栽植密度,同时要做好果树的整形修剪工作,保证果树良好的通风性和透光性,缩小果树外围和内膛果实的品质差距,为金红苹果高质优产打好基础,提高果园经济效益。

参考文献:

[1] 王海波, 李林光, 陈学森, 等. 中早熟苹果品种果实的风味物质和风味品质[J]. 中国农业科学, 2010, 43(1): 2300-2306.

[2] 聂继云, 李志霞, 李海飞, 等. 苹果理化品质评价指标研究[J]. 中国农业科学, 2012, 45(14): 2895-2903.

NIE J Y, LI Z X, LI H F, *et al.* Evaluation indices for apple physicochemical[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45(14): 2895-2903. (in Chinese)

[3] 李春阳. 不同栽植密度对霞多丽葡萄生长及品质的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2015.

[4] 王小媚, 任惠, 刘业强, 等. 不同栽植密度对大果甜杨桃果实产量及品质的影响[J]. 中国南方果树, 2014, 43(5): 78-80.

[5] 赵菁. 不同栽植密度库尔勒香梨光合特性研究及果实品质观测[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014.

[6] 张秀芝, 郭江云, 王永章. 不同砧木对富士苹果矿质元素含量和

品质指标的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(2): 414-420.

[7] ZHOU H M, ZHANG F C, KJELGREN R. Peach yield and fruit quality is maintained under mild deficit irrigation in semi-arid China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(5): 1173-1183.

[8] 牛莹莹, 廖康, 赵世荣, 等. 不同栽植密度库尔勒香梨树冠结构及产量品质差异分析[J]. 新疆农业科学, 2015(8): 1425-1431.

[9] 李猛, 任小林, 陈小利. 采收期对嘎啦苹果采后品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(1): 90-94.

LI M, REN X L, CHEN X L. Effects of different harvesting time on fruit postharvest quality of ‘Gala’ apple[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(1): 90-94. (in Chinese)

[10] 栾东珍, 李丙智, 韩明玉, 等. 育果纸袋与膜袋在富士苹果上的应用研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(2): 47-50.

LUAN D Z, LI B Z, HAN M Y, *et al.* Studies on application of paper and plastic fruit bags on ‘Fuji’ apple[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(2): 47-50. (in Chinese)

[11] 郑惠文, 张秋云, 李文慧, 等. 新疆杏果实发育过程中可溶性糖和有机酸的变化[J]. 中国农业科学, 2016, 49(20): 3981-3992.

ZHENG H W, ZHANG Q Y, LI W H, *et al.* Changes in soluble sugars and organic acids of Xinjiang apricot during fruit development and ripening[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(20): 3981-3992. (in Chinese)

[12] 吴兰坤, 黄卫东, 战吉成. 弱光对大樱桃坐果及果实品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(3): 69-74.

WU L K, HUANG W D, ZHAN J C. Effects of low light intensity on sweet cherry fruit setting and quality[J]. Journal of China Agricultural University, 2002, 7(3): 69-74. (in Chinese)

[13] 孙协平, 宋凯, 王翠玲, 等. 苹果不同栽植密度和套袋对冠层光照环境参数的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(5): 673-677.

[14] 木合塔尔·扎热, 李疆, 罗淑萍, 等. 全光和遮光下库尔勒香梨果实品质的比较分析[J]. 经济林研究, 2012, 30(4): 27-31.

MUHTAR · ZARI, LI J, LUO S P, *et al.* Comparison of fruit quality of Korla fragrant pear under full sunlight and shade conditions[J]. Nonwood Forest Research, 2012, 30(4): 27-31. (in Chinese)

[15] 佟伟, 王文辉, 贾晓辉, 等. 鸭梨内膛及外围果实采后品质指标比较及其与黑心病发病率的关系[J]. 果树学报, 2013, 30(6): 1047-1050.

TONG W, WANG W H, JIA X H, *et al.* Comparisons of post-harvest quality indexes between interior and peripheral fruits and their effects on black heart incidence in ‘Yali’ pears[J]. Journal of Fruit Science, 2013, 30(6): 1047-1050. (in Chinese)

[16] 张绍玲, 张振铭, 乔勇进, 等. 不同时期套袋对幸水梨果实品质、石细胞发育及其相关酶活性变化的影响[J]. 西北植物学报, 2006, 26(7): 1369-1377.

ZHANG S L, ZHANG Z M, QIAO Y J, *et al.* Effects of fruit bagging at different stages on pear quality and sclereid development and the activities of their related enzymes in the pear variety Kousui[J]. Acta Bot. Boreal-Occident. Sin., 2006, 26(7): 1369-1377. (in Chinese)