

喷施尿素对渭北红富士苹果叶片营养与果实香气和品质的影响

李爱梅¹, 张超², 李本晟¹, 张玲¹, 赵永桂¹, 韩明玉³, 张立新¹

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为改善渭北红富士苹果叶片营养状况及果实品质, 以长富 2 号苹果为材料, 通过叶面喷施不同浓度 (0.2%、0.5%、0.8%) 尿素, 研究不同处理对红富士苹果叶片营养、果实香气成分以及果实品质的影响。结果表明, 从幼果期到果实膨大后期, 叶片氮含量呈先降低后升高趋势, 磷和钾含量呈先升高后降低趋势, 喷施尿素均提高叶片营养水平, 其中以 N2 (喷施 0.5% 尿素) 处理叶片整体营养水平较好, 叶片氮、磷、钾的平均含量分别较对照 (N0) 提高 15.68%、10.37%、5.6%。喷施尿素均不同程度增加了果实香气含量, 其中壬醛、乙酸乙酯、乙酸戊酯在喷施尿素之后出现, 总体以 N2 处理为最高, 其香气成分总量较 N0 处理提高了 22.29%。N2 和 N3 处理分别显著提高了果实氨基酸、可滴定酸, 但对果实可溶性糖、维生素 C 无显著影响。综合分析表明, 喷施 0.5% 尿素能够有效增加苹果树叶片营养、提高果实香气与品质。

关键词: 叶面喷氮; 红富士苹果; 叶片营养; 果实香气; 果实品质

中图分类号: S143.1+4 **文献标志码:** A

Effect of foliar-applied nitrogen on 'Fuji' apple leaf nutrition and aroma compounds and fruit quality

LI Ai-mei¹, ZHANG Chao², LI Ben-sheng¹, ZHANG Ling¹, ZHAO Yong-gui¹,
HAN Ming-yu³, ZHANG Li-xin¹

(1. College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Life Natural Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

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

Abstract: In order to improve the leaf nutrition levels and fruit quality of apple, Fuji apple was selected to be the experimental material in the experiment. The effects of different nitrogen levels on the dynamic change of the leaves' nutrients, aroma compounds and quality of Fuji apple were studied by spraying urea in five times of interval with different levels (0.2%, 0.5% and 0.8%) from May to September. The results showed that, from young fruit to later expanding period, the content of nitrogen (N) in leaves decreased first, then increased, and finally reached an optimum; phosphorus (P) and potassium (K) content increased at first, then decreased, and finally reached a stable level. The content of N, P and K was improved by foliar-applied urea. N, P and K average content under N2 treatment was 15.68%, 10.37% and 5.6% higher than the control, respectively. Aroma content of apple was increased to a high extent by spraying urea, the nonanal, ethyl acetate and butanoic acid-pentyl ester were appeared after spraying urea, and treatment N2 had best effect, the total amount of aroma components of the treatment N2 increased by 22.29% compared with control (N0). The treatment N2 and N3 significantly enhanced amino acids and titratable acidity, but had no significant effect on soluble sugar and vitamin C. Comprehensive analysis showed that spraying 0.5% urea (N2) could effectively increase the apple leaf nutrients, improve fruit aroma and quality.

Keywords: foliar-applied urea; Fuji apple; leaf nutrition; apple aroma; apple quality

收稿日期: 2016-09-04

修回日期: 2016-10-08

基金项目: 陕西省水利科技计划项目 (2015slkj-12); 农业部公益性行业科研专项 (201303104); 陕西省科技统筹创新工程计划项目 (2015KTCL02-27)

作者简介: 李爱梅 (1991—), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向为植物生理与营养。E-mail: xnzhanglixin@163.com。

通信作者: 张立新 (1969—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事植物生理与营养研究工作。E-mail: zhanglixin@nwsuaf.edu.cn。

渭北旱塬地区是红富士苹果最适生态栽培区之一,栽培面积逐年扩大,近年来由于果农盲目施用氮肥,造成土壤肥力退化、树势变弱,导致该地区红富士苹果果实品质连年下降。氮是植物必需矿质元素之首,是影响果树生长发育和果实品质产量的基础。氮素一方面可以促进叶片叶绿素合成,从而有益于光合作用及碳水化合物形成;另一方面还可以影响植物体内各种酶的活性,进而影响果树的各种生理生化过程^[1]。磷是核酸、某些酶类和呼吸代谢中能量转换物质 ATP 的主要成分,磷量适当则新梢健壮,花芽分化良好,果实早熟,缺磷则开花减少,易落果,果实品质劣变,酸多糖少^[2]。钾是多种酶,如糖磷酸激酶、丙酮酸激酶等的活化剂,可以促进光合作用和碳水化合物的运转,施钾适当有利于增强树势,促进成花着果,提高品质^[3]。近年来,对果树中矿质营养元素含量及动态变化进行了大量研究,结果表明改善果树营养条件对果树生长发育、产量和品质有重要意义^[4-6]。果实香气是果实品质的一个非常重要的指标,但由于香气物质在果实内的代谢比较复杂,提高果实香气的有效措施有限,研究相对较少。由于氮是植物生长发育中起重要作用的矿质元素,在土壤速效氮含量偏低时,采用叶面喷施氮肥的方法,能够促进植物的生长发育。为此,本研究采用叶面喷施尿素的方法,研究氮素营养对红富士苹果叶片营养和果实香气的影响,从而为提高果园产量及果实品质,减少化肥的使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2012 年 11 月至 2013 年 11 月在陕西省旬邑县西北农林科技大学苹果试验园进行。试材为 1998 年栽植的矮化中间砧长富 2 号,中间砧为 M26,基砧为新疆野苹果,株行距 3 m × 4 m,栽植密度每 666.7 m² 55 株,以‘秦冠’作为授粉树。试验园土壤为壤土,土壤基本养分状况见表 1。供试肥料为尿素(含 N ≥ 46%)。

表 1 试验园土壤基础地力

Table 1 Physical and chemical characteristics of soil used in the experiment

土层深度 Soil depth /cm	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	速效氮 Available N /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available P /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K /(mg·kg ⁻¹)
0~40	11.4	100.71	21.59	140.68
40~60	9.2	81.71	6.47	91.03

1.2 试验设计与分析方法

1.2.1 试验设计 试验设 4 个处理,分别为:处理 1,0.2% 尿素(N1);处理 2,0.5% 尿素(N2);处理 3,0.8% 尿素(N3);处理 4,清水对照(N0)。以 2 棵树为一个处理小区,每个处理 3 次重复,随机区组排列。在果树东南西北四个方向选择高度、长势相似、着生果实的枝条。在苹果物候期内共喷 5 次,分别为 2012 年 5 月 16 日、6 月 16 日、7 月 16 日、8 月 16 日、9 月 16 日,所有选定的枝条按要求喷施相应的溶液,单棵树喷施同一浓度或种类溶液,每次喷施量为 2 500 mL·棵⁻¹,其它管理措施同常规方法。

1.2.2 叶片样品采集及分析 每个处理每个小区叶片自 5 月 16 日起开始采集,每隔一个月采集一次,共采 5 次。采集的叶片为树冠外围东、西、南、北四个方向正常发育枝条的中部叶片,随机采摘,100 片叶组成一个样,叶片全氮、全磷含量采用 AA3 连续流动分析仪测定;钾含量采用火焰光度计法测定。测定之前将样品烘干粉碎,通过 H₂O₂ - H₂SO₄ 消煮,开始测定^[7]。

1.2.3 果实品质的测定 果实成熟后(10 月 22 日),从树冠东、西、南、北、内膛和顶部位置随机采摘,每棵重复取样 8 个苹果,每个处理采摘 48 个苹果用于测定果实品质。果实硬度用手握式国产 GY-1 型硬度计测定;果实可溶性固形物含量用手握式可溶性固形物测定仪测定;可溶性糖用蒽酮比色法测定;Vc 用 2,6-二氯酚靛酚法测定;可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定均参考高俊凤方法^[8]。

1.2.4 GC-MS 芳香成分测定 采用 TRACE,GC/MS 气质联用仪,固相微萃取样品前处理:在 40 mL 的样品瓶中加入 15 g 苹果汁,1 g 氯化钠,10 μL 3-壬酮(0.04 mg·mL⁻¹),封口后在 50℃ 恒温条件下平衡 10 min,将老化好的萃取头(老化时间 2 h)插入样品瓶顶空,50℃ 下吸附 30 min 后,拔出萃取头,插入气象色谱进样口高温解吸附 2 min。色谱条件:色谱柱为弹性石英毛细管柱 DB-WAX(60 m × 0.25 mm × 0.25 μm);升温程序:40℃ 保持 2.5 min,以 5℃·min⁻¹ 升至 150℃,以 10℃·min⁻¹ 升至 230℃ 保持 5 min;载气(He)流速:1 mL·min⁻¹,压力 2.4 kPa,载气(He)流速:1 mL·min⁻¹,不分流进样。质谱条件:电子轰击离子源;电子能量 70 eV;传输线温度 230℃;离子源温度 230℃;母离子 m/z 285;激活电压 1.5 V;质量扫描范围 m/z 35 ~ 500 amu。电离方式 EI,电离电压为 70 eV,离子源温度 250℃,接口温度 230℃。

1.3 数据分析

数据采用 Excel 软件进行分析,差异显著性分析采用 SPSS 20.0 数据分析软件($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对叶片营养动态变化的影响

由表 2 可知,苹果叶片全氮含量自 5 月份起先降低后升高,最后达到稳定。叶面喷施尿素增加了叶片的全氮含量,且与尿素浓度基本呈现正相关。在 5 月份与 9 月份,各处理与对照间无显著差异。6

月份,N2 处理叶片氮含量显著高于 N0 处理,增幅达到 16.57%,N3 处理叶片氮含量与 N0 也有显著差异,增幅达到了 15.88%。7 月份,N2、N3 处理的叶片氮含量显著高于对照,N1 和对照之间的差异不显著。9 月份,N2、N3 处理的叶片氮含量均显著高于 N0,而 N1 和 N0 处理的差异未达显著差异水平。在本试验中,喷施 0.5% (N2) 和 0.8% (N3) 尿素对叶片氮含量提升效果较好,不同生育期内叶片平均氮素含量较 N0、N1 分别提高 15.68%、12.32% 和 15.69%、12.33%。

表 2 不同时期苹果树叶片氮含量/(mg·kg⁻¹)

Table 2 Nitrogen concentration in leaves of Fuji apple during different periods

处理 Treatments	采样时间(M-d) Sampling time				
	05-16	06-16	07-16	08-16	09-16
N0	22.92 ± 1.095 a	17.44 ± 1.115 b	24.07 ± 1.152 b	23.25 ± 0.042 a	23.76 ± 0.85 b
N1	23.11 ± 1.133 a	18.21 ± 1.162 ab	24.57 ± 1.215 b	24.55 ± 0.039 a	24.33 ± 1.042 b
N2	25.13 ± 1.064 a	20.33 ± 1.078 a	29.95 ± 1.103 a	25.11 ± 0.119 a	28.39 ± 0.131 a
N3	25.56 ± 1.131 a	20.21 ± 1.14 a	29.81 ± 1.191 a	25.66 ± 1.111 a	27.68 ± 0.122 a

注:不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Different letters indicate significant differences among the treatments ($P < 0.05$), the same below.

由表 3、表 4 可知,苹果叶片全磷含量自 5 月份开始基本呈现先升高后降低的趋势,而全钾含量呈现先升高后降低,后期达到稳定的趋势。叶面喷施尿素增加了叶片的全磷和全钾含量,但其变化趋势均较小,且在各个时期不同处理间均无显著性差异。在 9 月份,各处理苹果叶片全磷含量表现为 N2 > N3 > N1 > N0,叶片全钾含量表现为 N2 > N1 > N3 > N0,N2 处理叶片全磷和全钾含量分别较 N0 提高

了 10.37% 和 5.6%。

2.2 不同处理对果实香气的影响

由表 5 可知,不同喷施浓度对富士苹果香气成分有一定程度影响。所有处理红富士苹果中共检测到香气成分 40 种,其中对照(N0)果实检测到 27 种,包括醇类 5 种、酯类 14 种、醛类 4 种、酮类 4 种,其它物质 4 种;N1 处理果实中检测到 34 种,包括醇类 4 种、酯类 17 种、醛类 6 种、酮类 2 种,其它物质 5 种;

表 3 不同时期苹果树叶片磷含量/(mg·kg⁻¹)

Table 3 Phosphorus concentration in leaves of Fuji apple during different periods

处理 Treatments	采样时间(M-d) Sampling time				
	05-16	06-16	07-16	08-16	09-16
N0	1.7 ± 0.095 a	2.54 ± 0.115 a	3.46 ± 0.152 a	2.94 ± 0.042 a	3.28 ± 0.085 a
N1	1.73 ± 0.133 a	2.66 ± 0.162 a	3.84 ± 0.215 a	3.23 ± 0.039 a	3.14 ± 0.042 a
N2	1.83 ± 0.064 a	2.84 ± 0.078 a	4.17 ± 0.103 a	3.89 ± 0.119 a	3.62 ± 0.131 a
N3	1.72 ± 0.131 a	2.54 ± 0.149 a	3.66 ± 0.191 a	3.79 ± 0.111 a	3.21 ± 0.122 a

表 4 不同时期苹果树叶片钾含量/(mg·kg⁻¹)

Table 4 Potassium concentration in leaves of Fuji apple during different periods

处理 Treatments	采样时间(M-d) Sampling time				
	05-16	06-16	07-16	08-16	09-16
N0	9.68 ± 0.042 ab	10.65 ± 0.168 ab	7.73 ± 0.094 abc	7.02 ± 0.117 a	7.36 ± 0.093 a
N1	9.87 ± 0.084 a	11.04 ± 0.145 ab	9.06 ± 0.055 ab	7.48 ± 0.105 a	7.66 ± 0.234 a
N2	9.96 ± 0.054 a	11.67 ± 0.137 a	9.71 ± 0.092 a	7.83 ± 0.050 a	7.83 ± 0.087 a
N3	9.78 ± 0.071 a	12.23 ± 0.162 a	9.66 ± 0.075 a	7.67 ± 0.142 a	7.59 ± 0.182 a

N2 处理果实中检测到 35 种,包括醇类 5 种、酯类 16 种、醛类 7 种、酮类 3,其它物质 4 种;N3 处理果实中检测到 35 种,包括醇类 4 种、酯类 18 种、醛类 6 种、酮类 2 种,其它物质 5 种。在果实香气物质总量中,

醇类、酯类和醛类比例较大,说明这三类物质为果实中主要香气物质,其中壬醛、乙酸乙酯、乙酸戊酯均在喷施尿素之后出现,以 N2 处理增加量最大,分别较 N0 处理增加 1.07、0.87、0.45 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

表 5 喷施不同浓度尿素对果实主要香气成分含量的影响

Table 5 Effects of foliar-applied urea on aroma component concentration of apple fruit

编号 No.	香气成分 Aroma component	处理 Treatment/ $(\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$			
		N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
1	乙醇 Ethanol	0.28	0.31	0.47	0.26
2	异丁醇 Isobutyl alcohol	8.52	7.44	8.15	6.89
3	(E)-反式-2-己烯-1-醇 Trans-2-hexen-1-ol	0.05	—	0.087	—
4	正己醇 1-Hexyl alcohol	8.98	7.44	7.12	8.30
5	1-丁醇 1-Butanol	1.21	0.89	1.37	1.44
6	3-壬酮 3-Nonanone	10.76	13.74	14.22	9.66
7	大马酮 Damascenone	0.08	—	—	—
8	反式香叶基丙酮 Trans-geranyl acetone	0.71	0.81	0.77	0.57
9	E- α -紫罗酮 E- α -beta-ionone	0.11	—	0.03	—
10	苯乙烷 Ethylbenzene	0.11	0.13	—	0.22
11	1,3-二甲基苯 1,3-dimethylaniline	2.03	2.17	3.22	3.56
12	茴香脑 Anethole	0.46	0.47	0.54	0.44
13	丁香油酚甲醚 Methyleugenol	—	0.04	0.012	0.03
14	α -法呢烯 Farnesene	7.15	7.88	9.25	7.89
15	己醛 Hexanal	—	0.01	0.07	—
16	正丁醛 Butanal	0.41	0.47	0.86	0.54
17	2-正己醛 2-Caproaldehyde	39.75	38.34	49.33	38.65
18	2-己烯醛 Hexen-2-al	34.98	41.11	44.22	42.54
19	壬醛 Nonanal	—	0.03	1.07	0.75
20	(E)-2-己烯醛 (E)-2-Hexenal	—	—	0.66	0.21
21	(E)-2-辛烯醛 (E)-2-Octenal	2.67	1.99	2.77	2.54
22	棕榈酸甲酯 Methyl hexadecanoate	5.1	4.93	6.34	6.78
23	乙酸乙酯 Ethyl acetate	—	0.13	0.87	0.05
24	乙酸-2-甲基丁酯 Acetic acid, 2-methyl butyl ester	44.58	46.22	47.47	47.45
25	2-甲基丁酸己酯 Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	8.26	7.11	10.32	9.56
26	丙烯酸丙酯 Propyl 2-propenoate	0.21	0.27	0.66	0.14
27	乙酸-5-己烯-1-酯 Acetic acid, 5-hexen-1 ester	0.44	0.45	0.33	0.65
28	乙酸丁酯 Acetic acid, butyl ester	1.80	1.66	—	0.12
29	丁酸丙酯 Butanoic acid, propyl ester	0.70	0.78	1.71	1.44
30	乙酸戊酯 Butanoic acid, pentyl ester	—	0.03	0.45	0.21
31	丁酸丁酯 Butanoic acid, butyl ester	1.86	2.11	—	1.11
32	2-甲基丁酸丁酯 Butanoic acid, 2-methyl-, butyl ester	34.31	33.4	40.34	38.59
33	己酸丙酯 Hexanoic acid, propyl ester	2.4	2.55	3.69	4.03
34	丁酸己酯 Butanoic acid, hexyl ester	—	—	0.98	0.11
35	2-甲基丁酸乙酯 Butanoic acid, 2-methyl-ethyl ester,	85.76	86.64	110.37	79.96
36	2-甲基丁酸 2-甲基丁酯 Butanoic acid, 2-methyl-, 2-methyl butyl ester	2.58	2.54	5.87	2.78
37	丁酸乙酯 Butyric acid ethyl ester	—	—	0.26	—
38	2-甲基丁酸乙酯 Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	23.60	26.35	30.55	30.54
39	乙酸-2-甲基丁酯 Acetic acid, 2-methyl-, butyl ester	—	0.33	—	0.56
40	己酸-3-甲基丁酯 Hexanoic acid, 3-methyl-, butyl ester	3.77	3.64	3.56	3.99
	香气成分总量 Total aroma content	333.63	342.41	407.99	352.56

注:“—”表示未检测到。

Note:“—”Means not found or not exist.

喷施尿素后,果实香气中除醇类物质含量有所降低外,其余香气物质含量均增加,说明尿素喷施抑制了果实中醇类的形成,促进了酯类、醛类的形成。N0、N1、N2、N3 处理果实香气总量分别为 333.63、342.41、407.99、352.56 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,说明叶面喷施尿素提高了果实中香气物质的含量,且以 N2 处理果实香气增加量最大,较 N0 处理提高 22.29% (图 1)。

2.3 不同处理对果实品质的影响

由表 6 可知,喷施尿素对果实可溶性糖和维生素 C 含量影响不大,但对可滴定酸、氨基酸和可溶性蛋白含量有一定程度的影响。N2 和 N3 处理均显著增加了果实的可滴定酸和氨基酸含量,分别较 N0 提高 8%、20% 和 7.1%、2.8%。喷施尿素均显著提高果实可溶性蛋白含量,但不同浓度处理间无显著

性差异。

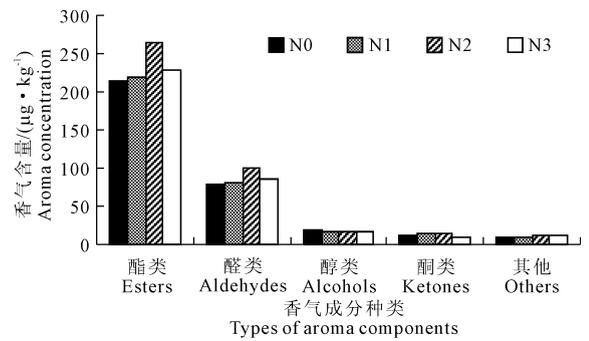


图 1 喷施不同浓度尿素对果实的香气成分种类及含量的影响

Fig.1 Effects of foliar-applied urea on aroma components and concentration of apple fruit

表 6 不同处理果实品质

Table 6 Fruit quality of different treatments

处理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar concentration /%	维生素 C 含量 Vitamin C concentration /($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	可滴定酸含量 Titratable acidity /%	氨基酸含量 Total amino acid concentration /%	可溶性蛋白含量 Soluble protein concentration /($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
N0	11.58 ± 0.058a	7.38 ± 0.02a	0.25 ± 0.006 b	64.41 ± 0.85 b	2.78 ± 0.026b
N1	11.37 ± 0.042 a	7.31 ± 0.03 a	0.26 ± 0.015 b	66.07 ± 0.61 ab	2.98 ± 0.006a
N2	11.1 ± 0.131a	7.12 ± 0.08 a	0.27 0.006ab	68.96 ± 1.49 a	3.08 ± 0.05 a
N3	10.73 ± 0.122 a	6.94 ± 0.02 a	0.30 ± 0.010 a	66.21 ± 0.81 ab	3.01 ± 0.028 a

3 讨论与结论

氮素是果树良好生长的物质基础,也是植物必需的重要营养元素之一。其对果树的作用主要体现在器官的建造、生化反应过程、物质的代谢以及果实产质量的形成等方面,具有不可替代的地位^[9]。本研究表明,苹果叶片氮含量在其关键生育期呈现出先降低后升高并趋于稳定的趋势。李保国^[10]等研究指出,河北省太行山南段年周期内红富士叶片氮含量均为六月中下旬最低,与本研究结果一致;但与安贵阳等^[11]对红星苹果叶片养分含量变化趋势的研究结果差异较大,这可能与苹果品种、研究区环境因素和采样时间等有关^[12-14]。

叶面喷肥肥效快,用肥省,又不受生长中心限制,可以及时满足果树需求,改善叶片的营养状况,作为果树上重要的辅助性施肥方式,对改善叶片功能具有重要的作用^[15]。本试验结果表明,叶面喷施尿素增加了叶片全氮含量,0.5%是最适宜喷施的尿素浓度,这与冯焕德等^[4]、陈磊等^[5]、王春枝等^[6]、苏婷等^[16]在苹果、梨、葡萄上的研究结果相一致。此外,喷施尿素也增加了叶片全磷、全钾含量,并且

0.5%浓度表现最好,这与李宝印等^[17]对“八月脆”桃增施氮肥能够提高果叶片磷含量之结果基本一致。张彤彤等^[18]对梨枣的研究表明,氮肥与叶片氮磷钾含量呈现显著地正相关关系,增施氮肥可提高果树叶片氮磷钾元素的含量。

氮施用过量或不足导致氮肥利用率降低,进而也造成苹果果实品质降低^[18]。Dixon 等^[19]研究表明,苹果挥发性物质中,低分子酯类物质占 78% ~ 92%,以乙酸、丁酸和己酸分别与乙醇、丁醇和己醇形成的酯类为主,它们具有典型的苹果香味^[20]。本研究表明,富士苹果中有 40 种香气物质,其中酯类物质 19 种。富士果实含量较高的香气成分有:异丁醇、2-正己醛、2-己烯醛、正己醇、3-壬酮、 α -法呢烯、乙酸-2-甲基丁酯、2-甲基丁酸己酯、2-甲基丁酸丁酯以及 2-甲基丁酸乙酯,占到总香气成分的 94.57%。由于不同地域和试验条件的不同,测定结果间存在较大的差异。早期学者研究认为,果树缺乏肥料会使其果实风味变差,并认为只有均衡养分才能保证良好的果实风味^[21]。史沉鱼等^[22]通过不同施肥处理对红富士苹果香气成分的影响研究表明,氮磷钾肥分次以不同方式施用,果实含有的

香气成分含量和种数总体高于一次性施肥的果实,分次鉴定出的香气总含量为 96.65%,一次施肥为 93.7%。Taylor 等^[23]研究表明,嘎啦苹果香气成分在一定程度上受到氮素的影响。本研究表明,喷施尿素后,香气成分有所增加,以喷施 0.5% 浓度尿素效果尤为显著。酯类物质总含量变化与香气成分总含量相似,0.5% 浓度喷施表现最好的效果,这可能是由于果实香气成分中支链脂肪族醇、醛、酮和酯类物质主要来源于氨基酸代谢,氨基酸通过转氨作用形成支链酮酸,经脱羧或脱氢,形成支链醇和酰基-CoA,进而形成支链酯类物质。果实中酯香型、果香型的特征香气成分多数从氨基酸代谢产生,而氮则是合成氨基酸的前体物质^[24-26]。

参 考 文 献:

- [1] 刘松忠. 氮素营养对“罗莎”草莓果实芳香物质及其前体影响的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.
- [2] Nava G, Dechen A R, Nachtigall G R. Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil[J]. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 2008, 39(1-2): 96-107.
- [3] 赵永桂. 环剥与叶面喷氮对红富士苹果叶片营养及果实品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [4] 冯焕德, 李丙智, 张林森, 等. 不同施氮量对红富士苹果品质、光合作用和叶片元素含量的影响[J]. *西北农业学报*, 2008, 17(1): 229-232.
- [5] 陈 磊, 伍 涛, 张绍铃, 等. 丰水梨不同施氮量对果实品质形成及叶片生理特性的影响[J]. *果树学报*, 2010, 27(6): 871-876.
- [6] 王春枝, 朱福磊, 刘丽杰, 等. 氮磷钾肥对红富士苹果产量、品质和叶片矿质元素含量的影响[J]. *中国果树*, 2009, (2): 14-17.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 229-231.
- [9] 李文庆, 张 民, 束怀瑞. 氮素在果树上的生理作用[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2002, 33(1): 96-100.
- [10] 李保国, 徐爱春, 齐国辉, 等. 红富士苹果叶片主要矿质元素含量变化规律研究[J]. *河北林果研究*, 2006, 21(3): 296-299.
- [11] 安贵阳. 苹果叶营养元素含量的标准值及其影响因素研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
- [12] 马海洋. 渭北旱塬红富士苹果不同时期叶片营养诊断研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [13] 徐爱春. 红富士苹果叶片主要矿质元素与果实产质量关系的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2004.
- [14] 顾曼如, 张若籽, 束怀瑞, 等. 苹果氮素营养研究初报——植株中氮素营养的年周期变化特性[J]. *园艺学报*, 1981, (4): 21-28.
- [15] 章雅靓, 黄朱凤, 赵春德, 等. 叶面喷肥对主干形整枝桃叶片营养和果实品质的影响[J]. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2005, 23(1): 15-18.
- [16] 苏 婷. 新疆三个主栽葡萄品种秋季喷肥的效应研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [17] 李保印, 王浚明. 枣树叶片中矿质元素年变化动态及施肥对生长和结果的影响[J]. *果树科学*, 1995, 12(1): 41-43.
- [18] 张彤彤, 徐福利, 汪有科, 等. 施用氮、磷、钾对密植梨坐果与叶片养分季节动态的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2011, 18(1): 241-248.
- [19] DeJong T M, Day K R, Johnson R S. Partitioning of leaf nitrogen with respect to within canopy light exposure and nitrogen availability in peach (*Prunus persica*)[J]. *Trees*, 1989, 3(2): 89-95.
- [20] Dixon J, Hewett E W. Factors affecting apple aroma/flavor volatile concentration: review[J]. *New Zealand J Crop Hort Sci*, 2000, 28(3): 155-173.
- [21] Rowan D D, Lane H P, Allen J M, et al. Biosynthesis of 2-methylbutyl, 2-methyl-2-butenyl and 2-methyl butanoate esters in 'Red Delicious' and 'Granny Smith' apples using deuterium-labeled substrate[J]. *J Agric Food Chem*, 1996, 44(10): 3276-3285.
- [22] Nava G, Dechen A R. Long-term annual fertilization with nitrogen and potassium affect yield and mineral composition of 'fuji' apple[J]. *Sci Agric (Piracicaba Braz)*, 2009, 66(3): 377-385.
- [23] 史沉鱼, 李向民, 李晓东, 等. 两种施肥处理对红富士苹果香气成分的影响[J]. *北方园艺*, 2010, (3): 1-3.
- [24] Taylor A J, Hort J. Measuring proximal stimuli involved in flavour perception[J]. *Flavor Percep*, 2004, 1: 1-34.
- [25] 席万鹏, 郁松林, 周志钦. 桃果实香气物质生物合成研究进展[J]. *园艺学报*, 2013, 40(9): 1679-1690.
- [26] 陈 明, 向妙莲. 果实香气合成研究进展[J]. *现代园艺*, 2011, (6): 17-18, 20.