

无核黄皮叶片养分含量和果实产量品质的关系

王荣萍, 廖新荣, 李淑仪, 蓝佩玲, 丁效东
(广东省生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510650)

摘要:以广东郁南无核黄皮 *Clausena lansium* 为研究对象,分析其叶片 N、P、K、Ca 和 Mg 养分与果实产量品质的关系. 简单相关分析表明,不同物候期的叶片养分含量与果肉品质的相关性各不相同. 在花芽分化期,叶片 N、K 含量与果实总酸度呈显著或极显著负相关关系,叶片 Ca、Mg 含量与维生素 C (V_c) 含量呈极显著、显著正相关关系,叶片 Ca 含量与果实可溶性固形物含量呈显著正相关关系,叶片 K 含量与可溶性糖含量呈极显著负相关关系. 在开花期,叶片 Mg 含量与可溶性固形物、 V_c 含量呈显著正相关关系,叶片 K 含量与产量呈显著正相关关系. 在幼果期,叶片养分含量与果实各品质指标未表现出相关性. 在果实膨大期,叶片 K 含量与果实可溶性固形物呈显著负相关关系,叶片 Ca 含量与产量呈显著正相关关系. 在果实成熟期,叶片 N 含量与果实可溶性固形物和可溶性糖呈极显著正相关关系. 典型相关分析表明,叶片 Ca、Mg 含量与果实可溶性固形物和 V_c 含量的关系密切.

关键词:无核黄皮; 叶片; 养分含量; 相关分析
中图分类号:S666 文献标志码:A 文章编号:1001-411X(2013)02-0132-05

Correlations Between Nutrient Concentrations in Leaves and Quality of Fruit in Seedless Wampee

WANG Rongping, LIAO Xinrong, LI Shuyi, LAN Peiling, DING Xiaodong
(Guangdong Institute of Eco-environmental and Soil Science, Guangzhou 510650, China)

Abstract:The seedless wampee, *Clausena lansium*, in Yunan of Guangdong province was used to study the relationships between the N, P, K, Ca and Mg concentrations in the leaves and fruit yield and quality. The simple correlation analyses showed that correlations between nutrient concentrations and fruit quality were different among phonological phases. During bud differentiation stage, there was a significant negative correlation between the N or K concentrations and fruit acidity. The Ca and Mg concentrations were highly positively correlated with vitamin C, and Ca concentration was significantly correlated with fruit soluble solid. The concentration of K was highly negatively correlated with soluble sugars. The Mg concentration was significantly correlated with soluble solids and vitamin C. There was a positive correlation between K concentrations at flowering stage and fruit productivity. No significant correlation was observed between the nutrient concentrations in the leaves at fruit stage and fruit quality. At fruit developing stage, the concentration of K was negatively correlated with fruit soluble solids, while the Ca concentration was highly positively correlated with yield. During harvest stage, the N concentration was highly positive correlated with the soluble solids and soluble sugars. Canonical correlation analysis showed that the concentrations of Ca and Mg in leaves were highly correlated with fruit soluble solids and vitamin C.

Key words:seedless wampee; leaf; nutrient concentration; correlation analysis

无核黄皮 *Clausena lansium* 是芸香科黄皮属常绿小乔木,为我国南方特有的新兴优良果树. 其营养丰富,用途广泛,经济价值高. 广东郁南是无核黄皮原产地,具有适宜黄皮生长的良好生态条件,近年来,黄皮种植业迅速发展,种植规模不断扩大,已成为当地的经济支柱之一. 营养是果树生长发育、产量形成和品质提高的基础^[1],氮素是一切植物必需的大量营养元素之一,它是果树生长的重要物质基础,对果树的器官建造、物质代谢、生化过程、果实产量以及品质形成有不可替代的作用^[2-3]. 许多研究表明,钾的施用可以提高果树的产量和品质^[4-7]. 植物叶片是进行光合作用的主要器官,叶片中氮、磷、钾含量的高低,直接影响叶片的光合速率,从而影响果实的营养物质含量. 以往对郁南无核黄皮的栽培和特性方面研究得较多^[8-9],而关于黄皮叶片养分与果实品质的关系研究鲜见报道. 本文在前期研究的基础上^[10-12]拟通过对无核黄皮果实品质与叶片营养之间的相关性研究,为无核黄皮栽培管理过程中,调节叶片营养,改善果实品质提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为郁南县都城镇种植的4年生无核黄皮. 所用化肥种类有尿素[$w(\text{N})$ 为46%]、钙镁磷肥[$w(\text{CaO})$ 为30%, $w(\text{MgO})$ 为10%, $w(\text{P}_2\text{O}_5)$ 为12%]、氯化钾[$w(\text{K}_2\text{O})$ 为60%]、硫酸钾[$w(\text{K}_2\text{O})$ 为51%].

1.2 试验方法

供试土壤为赤红壤,基本理化性状:pH 4.13,有机质 27.57 g·kg⁻¹,碱解氮 65.12 mg·kg⁻¹,速效磷 0.37 mg·kg⁻¹,速效钾 68.72 mg·kg⁻¹,交换性钙、镁分别为 0.190 0、0.008 4 g·kg⁻¹,有效硼、铜、锌分别为 0.18、0.32、0.55 mg·kg⁻¹.

本试验共设置4个处理(T1~T4)和1个对照(CK),其中T1~T4采用L4(2³)正交设计,为N、P、K的第1、3水平(即低、高营养水平)的正交试验设计(表1),以当地施肥量作为CK,每处理9株树,重复3次. 表中的N、P、K用量为全年每株果树用肥的纯养分量,由2部分组成,分别为壮梢肥和壮果肥,所占比例分别为46.0%和54.0%. 壮梢肥施用时间为8、9月和翌年1月,用量分别占壮梢肥的36.0%、55.0%和9.0%. 壮果肥施用时间为翌年3、5和7月,用量分别占壮果肥的67.0%、22.0%和11.0%. 施肥方式为沟施. 田间管理按高产田的管理方式进行.

表1 氮磷钾用量设计				
Tab.1 Experiment design of N-P-K rate				
处理	用量/(kg·株 ⁻¹ ·年 ⁻¹)			N:P:K
	N	P	K	用量比例
T1(N ₁ P ₁ K ₁)	0.30	0.30	0.40	1.0:1.0:1.3
T2(N ₁ P ₃ K ₃)	0.30	0.80	0.80	1.0:2.7:2.7
T3(N ₃ P ₁ K ₃)	0.70	0.30	0.80	1.0:0.4:1.1
T4(N ₃ P ₃ K ₁)	0.70	0.80	0.40	1.0:1.1:0.6
CK	0.85	0.20	0.50	1.0:0.2:0.6

1.3 采样与分析方法

试验前采取试验田土壤混合样品,风干、研磨、按分析项目要求分别过筛,土壤养分分析均采用常规分析方法测定^[13].

从果园中选择有代表性的树体定点采集叶片,采样时间分别为花芽分化期(1月)、开花期(3月)、幼果期(5月)、果实膨大期(6月)和成熟期(8月),取样部位为成熟新梢叶片倒数第3、4片叶,每处理取9株树,每株按东、南、西、北4个方位采样,40个叶片作为1个混合样,装入干净的塑料袋内,尽快带回实验室,采用常规方法进行前处理. 样品烘干后,用不锈钢粉碎机粉碎,备用.

叶片中全N、全P、全K含量测定时先采用H₂SO₄-H₂O₂消煮法制备待测液,然后全N用扩散吸收法测定,全P用钒钼黄比色法测定,全K用火焰分光光度法测定,Ca、Mg、Fe、Mn、Cu和Zn含量用原子吸收分光光度法测定,B用姜黄素法测定,Mo用催化极谱仪法测定^[13].

待果实成熟后进行产量调查,采集大体均匀的果样进行品质分析. 维生素C(V_C)采用2,6-二氯酚酚滴定法;总酸(总酸度用柠檬酸表示)采用滴定法测定;可溶性糖采用浓硫酸-蒽酮比色法测定^[13];可溶性固形物含量采用WYT(0~80%)手持糖量计测定^[14].

1.4 统计分析方法

叶片养分含量与果实品质数据的典型相关分析参照参考文献[15-16]进行.

2 结果与分析

2.1 叶片养分含量与果实品质的简单相关关系

从表2的相关分析结果可以看出,在花芽分化期(1月)叶片N、K含量与果实总酸度呈显著或极显著负相关,相关系数分别为-0.555 4、-0.647 6;叶片Ca、Mg含量与V_C含量分别呈极显著、显著正相关,相关系数分别为0.672 2、0.515 7;叶片Ca与果实可溶性固形物呈显著正相关,相关系数为0.548 2;叶

片 K 含量与可溶性糖呈极显著负相关关系,叶片 N、P、K、Ca、Mg 含量与产量之间的关系均未达到显著水平. 在开花期(3 月)叶片 Mg 含量与可溶性固形物、Vc 含量呈显著正相关,相关系数分别为0.561 2、0.529 5;叶片 K 含量与产量呈显著正相关关系,相关系数为 0.537 5,而叶片 N、P、K、Ca 与果实品质没有相关关系. 在幼果期(5 月)叶片养分含量与果实产量、各品质指标未表现出一定的相关性. 在果实膨

大期(6 月)叶片 K 含量与果实可溶性固形物呈显著负相关,相关系数为 -0.513 9,叶片 Ca 含量与产量呈显著正相关关系,相关系数为 0.580 9,叶片 N、P、Mg 含量与果实产量、品质没有一定的关系. 在果实成熟期(8 月)叶片 N 含量与果实可溶性固形物和可溶性糖呈极显著正相关关系,相关系数分别为 0.658 9、0.691 4,而叶片 P、K、Ca、Mg 与果实品质未表现出一定的相关性.

表 2 不同月份叶片养分含量与果实产量、品质的关系

Tab. 2 Relations between nutrient concentrations in different months and fruit quality

指标	相关系数(r) ¹⁾				
	1 月	3 月	5 月	6 月	8 月
N 含量与可溶性固形物	0.002 6	0.459 9	-0.187 7	-0.423 1	0.658 9 **
N 含量与可溶性糖	-0.105 5	0.006 8	-0.098 7	-0.410 1	0.691 4 **
N 含量与总酸度	-0.555 4 *	-0.311 8	0.240 8	0.221 1	0.216 3
N 含量与维生素 C 含量	-0.121 2	0.472 8	0.088 6	0.266 0	-0.176 0
N 含量与产量	0.288 8	0.039 4	0.128 1	-0.176 1	0.255 2
P 含量与可溶性固形物	-0.293 0	-0.078 6	0.169 8	0.390 3	-0.118 5
P 含量与可溶性糖	-0.185 3	0.122 4	0.110 6	0.210 1	0.075 8
P 含量与总酸度	-0.401 3	-0.320 0	-0.121 0	0.411 9	-0.277 1
P 含量与维生素 C 含量	0.049 2	-0.276 6	-0.256 8	0.134 0	-0.390 7
P 含量与产量	-0.119 1	0.045 3	0.086 6	-0.054 7	-0.435 3
K 含量与可溶性固形物	-0.433 4	-0.266 0	0.055 8	-0.513 9 *	-0.201 3
K 含量与可溶性糖	-0.746 5 **	-0.179 8	0.378 5	0.091 3	0.292 8
K 含量与总酸度	-0.647 6 **	0.051 2	0.275 9	0.156 9	0.212 6
K 含量与维生素 C 含量	0.022 6	0.316 0	0.2284	-0.107 3	-0.113 3
K 含量与产量	-0.038 3	0.537 5 *	0.118 6	-0.006 4	0.114 0
Ca 含量与可溶性固形物	0.548 2 *	0.341 7	0.143 9	0.306 9	0.437 8
Ca 含量与可溶性糖	0.398 3	0.151 4	-0.041 2	0.500 9	0.013 8
Ca 含量与总酸度	0.199 6	0.043 6	0.237 6	0.188 7	0.146 6
Ca 含量与维生素 C 含量	0.672 2 **	0.365 9	-0.117 2	-0.249 5	-0.030 3
Ca 含量与产量	0.132 1	-0.205 3	0.340 5	0.580 9 *	-0.058 9
Mg 含量与可溶性固形物	0.344 0	0.561 2 *	0.256 4	0.201 6	0.385 8
Mg 含量与可溶性糖	0.347 4	0.130 1	0.205 6	-0.251 7	0.227 3
Mg 含量与总酸度	0.216 7	0.061 9	-0.201 5	0.104 3	-0.333 2
Mg 含量与维生素 C 含量	0.515 7 *	0.529 5 *	-0.127 0	0.241 7	-0.117 8
Mg 含量与产量	0.150 3	-0.061 3	-0.199 7	-0.460 2	-0.371 8

1) $r_{(0.05, 13)} = 0.514$; $r_{(0.01, 13)} = 0.641$.

2.2 叶片养分含量与果实品质的典型相关关系

典型相关分析是研究 2 组(指标)变量间的一种多变量统计分析方法,主要目的是寻找一组指标的线性组合与另一组的线性组合,使两组之间的相关性达到最大(即 2 组典型变量的相关达到最大值),因此本文把品质性状包括可溶性固形物(y_1)、可溶性糖(y_2)、总酸度(y_3)、维生素 C(y_4)看成一组变量,把叶片养分含量包括 N 含量(x_1)、P 含量(x_2)、K

含量(x_3)、Ca 含量(x_4)、Mg 含量(x_5)看成另一组变量,进行典型相关分析,结果见表 3.

由表 2 可知,在花芽分化期(1 月)叶片养分含量与果实品质两组变量间的相关性达到显著水平($P < 0.05$),而其他月份的两组变量间的关系未达到显著水平,因此仅对花芽分化期的典型变量进行分析.

在花芽分化期(1 月)叶片养分含量与果实品质的典型相关系数(表 3)中,第 I 和第 II 典型相关系

数较大,分别为0.949 1和0.816 0,其中第Ⅰ典型相关系数所包含的相关信息占两组变量间总相关的77.14%,第Ⅱ典型相关系数所包含的相关信息占两组变量间总相关的16.94%。因此,对第Ⅰ对典型变量的系数进行分析基本上反映了这两组变量间相关的主要信息。

由于原始变量的测量单位不同,不宜进行直接比较,因此本文采用标准化的典型系数(m_i)给出典型相关模型,计算原始变量与典型变量之间的相关系数 r_{u_i} (典型负载系数),计算结果列于表4。对表4的计算结果进行分析,可知第Ⅰ典型变量的构成为:

$$u_1 = 0.369\ 4\ x_1 - 0.189\ 1\ x_2 + 0.264\ 5\ x_3 + 0.945\ 2\ x_4 + 0.297\ 5\ x_5;$$
$$v_1 = 0.174\ 1\ y_1 + 0.596\ 4\ y_2 - 0.353\ 4\ y_3 + 0.902\ 6\ y_4.$$

在达到显著水平的典型变量Ⅰ(u_1 、 v_1)中,由 u_1

与原始数据 x_i 的相关系数可见,它与叶片Ca含量(x_4)、Mg含量(x_5)存在较高的正相关,相关系数分别为0.915 7、0.691 0, u_1 与其他3个叶片养分含量指标的原始数据的相关系数比较低,因此可以理解 u_1 主要描述了叶片含Ca和含Mg养分大小的综合性状,即随着叶片Ca含量、Mg含量的增加, u_1 存在明显增加的趋势。同样, v_1 与可溶性固形物(y_1)、维生素C(y_4)的原始数据存在明显的正相关,相关系数分别为0.591 5、0.780 3,因此 v_1 可以理解为描述了可溶性固形物和维生素C的综合性状。这一线性组合说明叶片Ca、Mg含量与果实可溶性固形物和维生素C含量的关系密切,叶片Ca、Mg含量的增加可能引起可溶性固形物和维生素C含量的提高,与表2的简单相关分析结果一致。

典型变量Ⅱ(u_2 、 v_2)、典型变量Ⅲ(u_3 、 v_3)、典型变量Ⅳ(u_4 、 v_4)未达到显著相关,因此未进行分析。

表3 叶片养分含量与果实品质的典型相关分析

Tab.3 Canonical correlation analysis between nutrient concentrations in leaf and fruit quality

月份	典型变量Ⅰ		典型变量Ⅱ		典型变量Ⅲ		典型变量Ⅳ	
	典型相关系数	显著水平	典型相关系数	显著水平	典型相关系数	显著水平	典型相关系数	显著水平
1	0.949 1 *	0.024 9	0.816 0	0.251 3	0.571 7	0.512 6	0.417 2	0.423 0
3	0.864 5	0.348 3	0.724 5	0.602 7	0.558 1	0.728 3	0.175 3	0.868 9
5	0.868 8	0.557 2	0.600 5	0.895 8	0.475 4	0.875 2	0.127 1	0.929 3
6	0.933 2	0.128 4	0.696 8	0.628 4	0.569 5	0.672 7	0.238 3	0.768 8
8	0.863 3	0.228 9	0.793 6	0.386 6	0.510 4	0.669 7	0.374 6	0.506 5

表4 花芽分化期典型变量和与典型变量有关性状的相关系数¹⁾

Tab.4 Canonical variables and their correlation coefficients with related traits

性状	典型变量Ⅰ		典型变量Ⅱ		典型变量Ⅲ		典型变量Ⅳ	
	m_i	r_{u_i}	m_i	r_{u_i}	m_i	r_{u_i}	m_i	r_{u_i}
x_1	0.369 4	0.025 7	0.126 1	0.419 2	0.721 1	0.779 8	-0.817 4	-0.464 0
x_2	-0.189 1	0.025 6	-0.216 3	0.378 9	0.653 5	0.676 3	0.906 2	0.563 4
x_3	0.264 5	-0.286 4	1.201 3	0.949 4	-0.630 6	0.087 3	0.034 4	0.071 1
x_4	0.945 2	0.915 7	0.276 5	-0.264 3	-0.357 1	-0.172 5	-0.270 8	0.148 3
x_5	0.297 5	0.691 0	0.134 8	-0.282 8	0.160 7	-0.067 9	0.370 0	0.399 9

性状	典型变量Ⅰ		典型变量Ⅱ		典型变量Ⅲ		典型变量Ⅳ	
	l_i	r_{v_i}	l_i	r_{v_i}	l_i	r_{v_i}	l_i	r_{v_i}
y_1	0.174 1	0.591 5	0.084 3	-0.320 4	-0.674 0	-0.097 7	-1.170 1	-0.733 4
y_2	0.596 4	0.293 4	-0.626 0	-0.873 8	1.224 8	0.327 3	0.591 3	-0.207 9
y_3	-0.353 4	-0.050 0	-0.526 5	-0.829 4	-1.036 0	-0.508 6	0.083 1	0.225 8
y_4	0.902 6	0.780 3	0.137 7	0.314 5	-0.015 9	-0.396 6	0.670 0	0.367 2

1) m_i 指标标准化典型系数, l_i 指第*i*对典型变量, r_{u_i} 、 r_{v_i} 均指典型负载系数, x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 分别指N、P、K、Ca、Mg含量, y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 分别指可溶性固形物含量、可溶性糖含量、总酸度、维生素C含量。

3 讨论与结论

不同物候期的叶片养分含量与果实品质的相关性各不相同,简单相关分析的结果表明,叶片 N 含量在花芽分化期与总酸呈显著负相关,即在一定的含量范围内,随着叶片 N 含量的升高,总酸含量呈现下降的趋势;在开花期(3 月)、幼果期(5 月)、果实膨大期(6 月),叶片 N 含量与产量、果实品质未表现出相关性;在成熟期(8 月),叶片 N 含量与可溶性固形物和可溶性糖呈极显著正相关关系. 叶片 P 含量在各物候期与果实品质和产量的关系均未达到显著水平,而张林等^[17]对温州蜜桔的研究认为叶片养分 P 含量与 Vc 的含量呈显著正相关关系. 叶片 K 含量在花芽分化期(1 月)与可溶性固形物和可溶性糖呈极显著负相关关系,而刘红霞等^[18]对红富士苹果的研究发现,叶片 K 含量与可溶性糖含量呈显著正相关关系,K 含量与产量在开花期呈显著正相关关系,在果实膨大期与可溶性固形物呈显著负相关关系,而在幼果期和成熟期与果实品质的关系未达到显著水平. 叶片 Ca 含量在花芽分化期与可溶性固形物和 Vc 含量呈显著或极显著正相关关系,在果实膨大期与产量呈显著正相关关系,在开花期、幼果期、成熟期与果实品质未表现出相关关系. 叶片 Mg 含量在花芽分化期和开花期与 Vc 含量呈显著正相关关系,在开花期与可溶性固形物呈显著正相关关系,在幼果期、果实膨大期和成熟期与果实品质的关系未达到显著水平,而前人对柑桔的研究发现在果实膨大期叶片 Ca、Mg 与可溶性固形物和 Vc 含量呈显著正相关关系^[19],不同的研究结果可能与果树品种以及施肥水平等因素有一定的关系.

典型相关分析的结果表明,在花芽分化期叶片 Ca、Mg 含量与果实可溶性固形物和 Vc 含量的关系密切,由此可见,叶片 Ca、Mg 含量是影响果实可溶性固形物和 Vc 含量的重要因素. 在其他物候期未发现类似的关系,说明叶片养分含量与果实的品质关系极为复杂,并非通过 N、P、K 按照适量的配比就能实现黄皮品质的提高,因此需作进一步的研究.

参考文献:

[1] 韩振海,王倩. 我国果树营养研究的现状和展望:文献述评[J]. 园艺学报,1995,22(2):138-146.

- [2] 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,2002,33(1):96-100.
- [3] 彭福田,姜远茂,顾曼如,等. 落叶果树氮素营养研究进展[J]. 果树学报,2003,20(1):54-58.
- [4] 何忠俊,张广林,张国武,等. 钾对黄土区猕猴桃产量和品质的影响[J]. 果树学报,2002,19(3):163-166.
- [5] 何忠俊,同延安,张国武,等. 钾对黄土区砀山酥梨产量及品质的影响[J]. 果树学报,2002,19(1):8-11.
- [6] 黄显淦,王勤,赵天才. 钾素在我国果树优质增产中的作用[J]. 果树学报,2000,17(4):309-313.
- [7] 林莉,苏淑叙. 板栗矿质营养与施肥研究进展[J]. 北京农学院学报,2004,19(1):73-76.
- [8] 伍志科,韦持章,覃振师. 郁南无核黄皮的特性及其在桂南的栽培技术[J]. 中国热带农业,2011,39(2):69-70.
- [9] 伍志科,覃振师. 郁南无核黄皮种苗繁育技术[J]. 中国热带农业,2012,45(2):67-68.
- [10] 王荣萍,李淑仪,伍涛,等. 无核黄皮叶片中矿质元素质量分数的年动态变化[J]. 浙江林学院学报,2008,25(2):200-205.
- [11] 王序桂,刘士哲,李淑仪,等. 氮磷钾养分用量和对比对无核黄皮产量及品质的影响[J]. 内蒙古农业大学学报,2007,28(3):42-45.
- [12] 王序桂,李淑仪,刘士哲,等. 无核黄皮叶片中铁锌营养的年周期变化及诊断[J]. 北方园艺,2008(9):19-21.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999:331-338.
- [14] 范淑琴,梁淑文. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999:95-96.
- [15] 许自成,陈伟,肖汉乾,等. 烤烟硝酸盐含量与土壤养分的关系[J]. 生态学报,2006,26(6):1889-1895.
- [16] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2002:393-400.
- [17] 张林,石学根,凡改恩,等. 土壤和叶片养分与温州蜜柑果实品质的关系[J]. 浙江农业科学,2010(5):961-963.
- [18] 刘红霞,张会民,刘德鸿,等. 豫西地区红富士苹果叶片养分含量与果实品质的关系[J]. 安徽农业科学,2008,36(18):7621-7622.
- [19] 温明霞,聂振朋,林媚,等. 土壤、叶片中营养成分与柑橘品质的相关性研究[J]. 广西园艺,2007,18(3):12-14.

【责任编辑 李晓卉】