

# 南果梨红叶营养状况与生理生化指标特征研究

陶姝宇<sup>1</sup>, 王春枝<sup>1</sup>, 齐宝利<sup>2</sup>, 王亮<sup>1</sup>, 郭玲玲<sup>3</sup>

(1. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110866; 2. 鞍山市千山区农业技术推广中心, 辽宁 鞍山 114041; 3. 辽宁省微生物研究所, 辽宁 朝阳 122300)

**摘要:**通过测定不同“红叶”程度南果梨树叶片的养分含量及生理生化指标, 分析不同红叶程度、不同叶位叶片各指标变化, 了解南果梨树红叶形成时营养状况与生理指标的关系, 探讨其“红叶病”成因。结果表明: 养分缺失是南果梨“红叶病”形成的重要原因之一。当叶片中 N、P、K 含量的置信区间在 2.24%~3.24%、0.32%~0.34%、0.66%~0.68% 时出现红叶, 置信区间在 1.84%~2.93%、0.31%~0.33%、0.50%~0.57% 出现重度红叶。此时叶片中叶绿素含量降低 3.9%、抗氧化能力降低 27.3%、膜脂过氧化程度升高 5.8%。

**关键词:**南果梨; 红叶病; 营养状况; 生理生化指标

**中图分类号:**S 661.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)10-0010-04

南果梨原产我国辽宁省鞍山市千山区大孤山镇, 属秋子梨系统(*Pyrus ussuriensis* Maxim.) 中极优良品种, 距今已有 100 多年的栽培历史<sup>[1]</sup>。目前, 仅千山地区的栽培面积已达 2.74 万 hm<sup>2</sup>, 约占辽宁省栽培总面积的一半, 产量已达 19.65 万 t。2009 年, 辽宁省把南果梨技术、品质升级提上了最新的梨类发展规划, 南果梨产业迎来了发展黄金期。近年来, 南果梨主产区普遍发生一种被称为“红叶病”的新病害, 给南果梨产业发展带来的极大的影响。2005 年鞍山市千山区农技中心对辽宁省鞍山地区、辽阳地区和阜新地区南果梨果园进行考察。结果发现红叶病的发病面积占南果梨园面积的 50%~60%, 发病严重的果园占南果 20%~30%, 其危害严重影响了南果梨的产量与品质<sup>[2]</sup>。前人对南果梨的营养诊断及品质分析均做了相关研究, 结果证实了此病与树体的营养状况密切相关, 但“红叶病”发生时的营养状况与生理生化指标的相关性目前鲜有报道。鉴于此, 该试验通过对不同“红叶”程度南果梨树叶片的营养元素含量、生理生化指标分析, 研究红叶病发生时叶片养分状况与生理生化指标的关系, 进一步探讨红叶病成因, 为降低发病率提供科学的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

叶片样品采自辽宁省鞍山市千山区唐家房子镇土

壤类型一致、树龄一致、花量相近且“无病、轻病、重病”3 种不同程度红叶的南果梨树, 5 次重复。

于南果梨“红叶病”发病期, 采集不同红叶程度、树体同一高度的结果枝展开叶片、结果枝果托叶、营养枝中部叶片各 50~100 片(10~20 片/株); 将叶片分别装入密封塑料袋, 低温保存。

### 1.2 试验方法

叶绿素(Chl)采用丙酮乙醇混合液萃取法测定; 过氧化物酶(POD)采用愈创木酚氧化法测定; 丙二醛(MDA)采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法测定<sup>[3]</sup>; 全氮、全磷、全钾经 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sup>2</sup> 联合消煮后分别采用半微量凯氏定氮法、钼钒黄比色法、火焰光度计法测定; 中量、微量元素采用 HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> 湿灰化, ICP-AES 检测法测定。

### 1.3 数据处理

利用 Microsoft Excel 应用程序和统计软件 SPSS 16.0, 对相关数据进行处理与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同“红叶”程度南果梨叶片氮、磷、钾含量差异性

由表 1 可知, 不同“红叶”程度南果梨树叶片中 N、P、K 含量整体随着红叶程度的加剧而降低, 含量大小为无病>轻病>重病, 以无病处理中营养叶含量最高, 重病处理中托叶含量最低。不同“红叶”程度、同一叶位 N、P、K 含量变化趋势不同, 除轻病处理中结果叶 K 含量、重病处理中营养叶 N 含量外, 各叶位含量随着红叶程度的加剧呈降低趋势; 不同“红叶”程度、不同叶位的叶片中 P 含量始终保持营养叶>结果叶>托叶趋势变化, K 含量在无病、轻病处理中保持营养叶>托叶>结果叶趋势变化, 重病处理中转变为与 P 一致, 而 N 含量变化规律不一, 轻病与重病的托叶处理中含量最低。同一“红

**第一作者简介:**陶姝宇(1985-), 女, 在读硕士, 研究方向为营养与施肥。E-mail: shuyutt19@163.com。

**责任作者:**王春枝(1958-), 女, 辽宁建平人, 教授, 现主要从事植物营养与施肥方面的教学和科研工作。

**基金项目:**辽宁省教育厅创新团队资助项目(2007T155)。

**收稿日期:**2011-03-28

叶”程度、不同叶位的叶片中 N、P、K 含量不同,无病处理中 P、K 含量差异显著,以营养叶中 N、P、K 含量最高,且高于均值。轻病处理中 K 含量差异显著,N、P、K 含量分别以结果叶、营养叶、托叶最高,且高于均值。重病处理中 P、K 含量差异显著,以营养叶中 N、P、K 含量最高,且高于均值。当叶片中 N、P、K 含量的置信区间在 2.24%~3.24%、0.32%~0.34%、0.66%~0.68%时出现红叶,置信区间在 1.84%~2.93%、0.31%~0.33%、0.50%~0.57%出现重度红叶。

表 1 不同红叶程度、不同叶位叶片中 N、P、K 含量变化

Table 1 Change of N,P,K content in different levels of red leaves and different position leaves				
处理 Treatment	叶位 Leaf area	N/%	P/%	K/%
无 病	结果叶	2.9343b	0.3558b	0.6298f
	营养叶	3.4639a	0.3752a	0.7704a
	托叶	3.1399ab	0.3345cd	0.7272b
	均值	3.1794	0.3552	0.7091
轻 病	结果叶	2.9032bc	0.3229de	0.6416e
	营养叶	2.3923cde	0.3481b	0.6786d
	托叶	2.2989de	0.3119ef	0.6839c
	均值	2.5315	0.3276	0.6680
重 病	结果叶	2.7437bcd	0.3184e	0.5162h
	营养叶	2.8532bc	0.3442bc	0.6019g
	托叶	2.1494e	0.3016f	0.4890i
	均值	2.5821	0.3214	0.5357

注:表中小写字母代表 5%显著水平的差异性,表 2、3 相同。  
Note:Small letter expresses significantly different at  $P<0.05$ ,the table 2,3 the same.

2.2 不同“红叶”程度南果梨叶片中 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 含量差异性

不同“红叶”程度、同一叶位叶片中的 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 含量不同(表 2)。结果叶、营养叶各元素含量依次为无病>轻病>重病;托叶除 Mg、Zn 含量依次为无病>重病>轻病外,Ca、Fe、Mn、Cu 含量变化与结果叶片一致;同一“红叶”程度、不同叶位间 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 含量不同,无病处理下托叶中 Ca、Fe、Mn、营养叶

的 Mg、Cu 及结果叶的 Zn 含量最高,重病处理下结果叶中 Ca、Mg、Fe、Mn、Zn 及营养叶中 Cu 含量最低,无病、重病处理间除 Cu 元素外,其余均差异显著。当叶片中 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 含量分别低于 18.05 g/kg、4.39 g/kg、299.53 mg/kg、355.12 mg/kg、13.47 mg/kg、26.12 mg/kg 时出现轻度红叶,低于 15.50 g/kg、3.91 g/kg、281.40 mg/kg、239.27 mg/kg、13.34 mg/kg、21.74 mg/kg 出现重度红叶。

表 2 不同红叶程度、不同叶位叶片中、微量元素含量变化

Table 2 Change of Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn content in different levels of red leaves and different leaves							
叶位 Leaves area	处理 Treatment	Ca /g·kg <sup>-1</sup>	Mg /g·kg <sup>-1</sup>	Fe /mg·kg <sup>-1</sup>	Mn /mg·kg <sup>-1</sup>	Cu /mg·kg <sup>-1</sup>	Zn /mg·kg <sup>-1</sup>
结果叶	无 病	20.8817b	4.5748b	329.1579b	319.2414c	13.7815ab	38.4189a
	轻 病	17.3881d	3.6916e	299.5307d	318.5221c	13.4450ab	21.0892ef
	重 病	12.6150g	3.1438f	260.6369i	185.1166f	13.0016b	20.2670f
营养叶	无 病	17.8742c	4.8071a	317.5738c	351.9243a	14.2335a	37.8262a
	轻 病	13.8991f	4.3932c	293.0462e	329.4235b	13.4087ab	26.1216c
	重 病	13.8246f	3.9124d	281.3938f	239.2667e	12.9802b	20.2739f
托 叶	无 病	22.5877a	4.7769a	371.7680a	355.7397a	13.7143ab	30.7359b
	轻 病	18.0473c	3.6582e	268.1143g	355.1295a	13.4765ab	21.7359e
	重 病	15.5023e	3.7089e	263.5247h	252.8215d	13.3389b	24.6805d

2.3 不同“红叶”程度南果梨叶片中叶绿素含量、过氧化物酶活性、丙二醛含量差异性

植物中的叶绿素含量是影响植物光合作用的物质基础,其含量的高低直接影响光合作用的强弱及物质转化。植物在逆境条件下,细胞内氧自由基代谢失调而产生过剩的活性氧自由基,会引发或加剧膜脂过氧化,丙

二醛(MDA)的多少能够代表膜脂过氧化的程度。也可间接反映植物组织抗氧化能力的强弱。过氧化物酶(POD)是植物组织防御系统中的重要保护酶,可以消除细胞内活性氧对细胞膜的伤害,减少膜脂过氧化,稳定膜透性<sup>[8]</sup>。通过测定不同“红叶”程度南果梨树叶片中叶绿素含量、过氧化物酶活性、丙二醛含量可知,随着

“红叶”程度加剧,叶片中叶绿素含量、过氧化物酶活性逐渐降低、丙二醛含量逐渐升高(表 3)。无病处理中不同叶位各指标含量差异显著,叶绿素以托叶含量最高,过氧化物酶活性以营养叶活性最大,丙二醛含量以营养叶最低;轻病处理中不同叶位各指标含量差异不显著,

各叶片叶绿素含量、过氧化物酶活性、丙二醛含量无明显变化;重病处理中不同叶位各指标含量差异显著,叶片含量规律与无病处理保持一致,托叶的过氧化物酶活性最低,丙二醛含量最高。

表 3 不同红叶程度南果梨树叶片中生理指标的变化

Table 3 Change of physiological in different red leaves

处理 Treatment	叶位 Leaves area	叶绿素 Chlorophyll /mg · g <sup>-1</sup> FW	过氧化物酶 POD /U · g <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> FW	丙二醛 MDA /nmol · g <sup>-1</sup> FW
无 病	结果叶	0.0159b	26.5278b	85.3871f
	营养叶	0.0153c	27.5000a	82.6774g
	托叶	0.0167a	25.2778c	92.5968d
轻 病	结果叶	0.0155c	20.8333d	90.6452e
	营养叶	0.0155c	20.0000e	90.6452e
	托叶	0.0147d	20.0000e	90.6452e
重 病	结果叶	0.0130f	18.6111g	102.5806b
	营养叶	0.0122g	19.7222f	101.1935c
	托叶	0.0136e	16.1111h	104.1935a

2.4 不同“红叶”程度南果梨叶片中养分含量与生理生化指标的相关性

不同“红叶”程度南果梨树叶片中的养分含量与叶绿素含量、抗氧化酶活性及膜脂过氧化程度的变化存在一定的相关性(表 4)。叶片中 N、P、Ca、Fe、Cu、Zn 元素与各生理指标间存在显著相关关系,无病处理叶片中 P、Ca、Fe 含量与各生理指标差异达极显著水平;轻病处理、重病处理叶片中 N 含量与其叶绿素、丙二醛含量呈显著及极显著负相关关系,与过氧化物酶活性呈显著和极显

著正相关关系;轻病处理叶片中 P 含量与叶绿素含量呈极显著正相关关系,与过氧化物酶活性呈极显著负相关关系,Cu 含量与丙二醛含量呈极显著正相关关系;重病处理叶片中 Ca、Fe 含量与过氧化物酶活性、丙二醛含量分别呈显著负相关关系,Fe 含量与叶绿素含量呈极显著负相关关系。当叶片生长到一定时期,叶片中 N 含量会随叶绿素含量、过氧化物酶活性的降低、丙二醛含量的升高而呈降低趋势;随着“红叶”程度的加剧,叶绿素含量随 P 含量的减少而增加,过氧化物酶活性升高。

表 4 不同红叶程度南果梨树叶片养分含量与生理指标的相互关系

Table 4 Interrelation between nutrient content and the physiological index in different red leaves of Nanguo pear

处理 Treatment	生理指标 Physiological indexes	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
无病	叶绿素	-0.5544	-0.9121**	-0.4426	0.9594**	-0.0224	0.9398**	0.1734	-0.3777	-0.5900
	过氧化物酶	0.5691	0.9110**	0.4440	-0.9626**	0.0447	-0.9453**	-0.1498	0.3815	0.5694
	丙二醛	-0.4419	-0.8858**	-0.3032	0.9074**	0.1288	0.8729**	0.3260	-0.3368	-0.7087*
轻微	叶绿素	-0.6769*	-0.8123**	0.4014	-0.5093	0.5187	-0.5264	0.5188	-0.4645	-0.1769
	过氧化物酶	0.6888*	0.8307**	-0.5425	0.3646	-0.3827	0.6546	-0.6432	0.3677	0.0509
	丙二醛	-0.7384*	-0.2424	0.1669	0.5780	-0.6415	-0.1293	0.0077	0.8179**	0.0461
重病	叶绿素	-0.9105**	-0.4815	-0.3783	0.5105	-0.6021	-0.8369**	0.1151	0.3757	-0.2913
	过氧化物酶	0.9419**	0.3228	0.0952	-0.7333*	0.3498	0.6441	-0.3893	-0.4442	0.0194
	丙二醛	-0.9421**	-0.4153	-0.2668	0.6066	-0.5062	-0.7675*	0.2268	0.4160	-0.1887

注:表中“\*”代表 5%显著水平的差异性,“\*\*”代表 1%显著水平的差异性。(P<sub>0.05</sub>>0.666,P<sub>0.01</sub>>0.798)。  
Note:“\*”indicates significantly different at 5% level,“\*\*”indicates significantly different at 1% level,(P<sub>0.05</sub>>0.666,P<sub>0.01</sub>>0.798)。

3 结论

不同“红叶”程度南果梨树叶片中养分含量差异较大,无病>轻病>重病; N、P、K、含量依次为营养叶>结果叶>托叶;Ca、Mg、Fe、Mn 元素以无病处理中的托叶

含量最高,重病处理中的结果叶含量最低;Cu 元素以无病处理中的营养叶含量最高,重病处理中的营养叶含量最低;Zn 元素以无病处理中的结果叶含量最高,重病处理中的结果叶含量最低。

不同叶位的叶片中 N、P、K 含量随“红叶”程度加剧逐渐降低且存在差异。当含 N 量以结果叶、营养叶、托叶低于 2.90%、2.39%、2.291%，含 P 量以结果叶、营养叶、托叶低于 0.32%、0.35%、0.31%，含 K 量以结果叶、营养叶、托叶低于 0.64%、0.67%、0.68% 出现轻度红叶。叶片中 N、P、K 含量的置信区间在 2.24%~3.24%、0.32%~0.34%、0.66%~0.68% 时出现红叶，置信区间在 1.84%~2.93%、0.31%~0.33%、0.50%~0.57% 出现重度红叶。

不同“红叶”程度南果梨树叶片中叶绿素含量、过氧化物酶活性、丙二醛含量差异显著，且随红叶程度的加剧叶绿素合成降低、抗氧化能力减弱、膜脂过氧化程度增强。当南果梨树叶片叶绿素含量、过氧化物酶活性低于 0.016 mg/g FW、20.83 U/(g·min)FW，丙二醛含量高于 90.65 nmol/gFW 时出现红叶。

不同“红叶”程度南果梨树叶片的养分含量与叶绿素含量、过氧化物酶活性及丙二醛含量之间的关系密切。无病处理中叶片 Ca 含量为 22.88 g/kg、Fe 含量为 329.16 mg/kg、P 含量为 0.35% 时，与其叶绿素含量提高、抗氧化能力提高、膜脂过氧化程度降低保持一致且差异极显著；当叶片 N 含量≤2.24%、P 含量≤0.32%、Cu 含量≤13.47 mg/kg 时叶片中叶绿素含量降低、抗氧化能力降低、膜脂过氧化程度升高，出现轻度红叶；当 N

含量≤1.84%、Ca 含量≤15.50 g/kg、Fe 含量≤281.39 mg/kg 时出现重度红叶。

综上所述，养分缺失直接影响了叶片叶绿素的合成、植物组织抗氧化能力是南果梨红叶病形成的主要原因之一。对南果梨树进行针对性、合理性的养分补给是提高叶片叶绿素含量、抗氧化酶系统的抗氧化能力、抗逆境性能的重要途径，从而有效的控制南果梨红叶病的发生。

### 参考文献

- [1] 王春枝, 齐宝利, 李东晶. 基于 DRIS 法的南果梨“红叶病”果园营养状况诊断[J]. 中国农学通报, 2008(5): 261-264.
- [2] 齐宝利, 王春枝, 李东晶, 等. 南果梨“红叶病”调查初报[J]. 中国果树, 2007(5): 31-33.
- [3] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 76.
- [4] 许敏, 吴启发, 张杨, 等. 陕西省红富士苹果叶片营养诊断研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(5): 162-165.
- [5] 胡笃敬, 董任瑞, 葛旦之. 植物钾营养的理论与实践[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1993: 58-1091.
- [6] 魏雪梅, 廖明安. 金梨梨叶片营养诊断分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8549-8551.
- [7] 刘建, 朱水芳, 杨莉莉, 等. 桃红叶病病原研究[J]. 植物病理学报, 1999, 29(4): 72-74.
- [8] 蒋选利, 李振岐, 康振生, 等. 过氧化物酶与植物抗病性研究进展[J]. 西北农林科技大学学报, 2001(6): 124-129.

## Study of Correlation between Nanguo Pear ‘Red Leaves’ Disease Nutritional Status with Physiological and Biochemical Indicators

TAO Shu-yu<sup>1</sup>, WANG Chun-zhi<sup>1</sup>, QI Bao-li<sup>2</sup>, WANG Liang<sup>1</sup>, GUO ling-ling<sup>3</sup>

(1. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. Qianshan Region of Anshan City Agricultural Technology Promotion Center, Anshan, Liaoning 114041; 3. Liaoning Province of Institute of Microbiology, Chaoyang, Liaoning 122000)

**Abstract:** After measurement of nutrition contents and physiological-biochemical index of different levels of red sick leaves, an analysis of comparison between different levels of sick red leaves and nutrition index changes in different sites on the red leaves suggests that and physiological index and nutritional status affect the formation of the ‘Nanguo’ pear red sick leaves. The results showed that nutrient deficiency was the keypoint for the ‘Nanguo’ pearsick leaves to form red sick leaves. Mild red sick leaves will appear when confidence interval N, P, K, 2.24%~3.24%, 0.32%~0.34%, 0.66%~0.68% and heavier 1.84%~2.93%, 0.31%~0.33%, 0.50%~0.57%. at this time, nchlorophyll content, antioxidant capacity and lipid peroxidation less than 3.9%, 27.3%, and increased 5.8% in leaves.

**Key words:** Nanguo pear; red leaves disease; nutrition situation; physiological and biochemical indicators