

# 钾素营养对防治番木瓜叶枯病的影响

李明福<sup>1</sup>, 杨绍聪<sup>2</sup>

(1. 云南省玉溪农业职业技术学院, 云南 玉溪 653100; 2. 云南省玉溪市农业科学研究所, 云南 玉溪 653100)

**摘要:** 对番木瓜叶枯病与植株营养、土壤相关养分的关系等进行研究, 结果表明, 番木瓜叶枯病是由于土壤有效钾缺乏而导致的一种生理性缺钾症; 施用钾肥能有效控制该症的发生并获得较高产量。在发生缺钾叶枯病的番木瓜根、茎、叶片、叶柄等器官中镁含量均明显升高, 说明番木瓜植株钾镁间存在拮抗作用。

**关键词:** 番木瓜; 钾素营养; 叶枯病

中图分类号: Q945.12

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2006)02-0141-05

## Influence of Potassium on the Resistance of *Carica papaya* L. to Leaf Blight

LI Ming-fu<sup>1</sup>, YANG Shao-cong<sup>2</sup>

(1. Yuxi Agricultural Vocation-technical College, Yuxi 653100, China; 2. Yuxi Agricultural Science Research Institute, Yuxi 653100, China)

**Abstract:** The experiments of potassium nutrition in papaya (*Carica papaya* L.) showed that leaf blight was caused by available potassium deficiency in soil where papaya was planted. Application of potassium fertilizer could effectively control such disease and get higher yield. In the roots, stems, leaves and petioles of papaya with leaf blight which was caused by potassium deficiency, the contents of magnesium were obviously increased, indicating the antagonistic effect between the two elements in papaya plants.

**Key words:** *Carica papaya*; Potassium nutrition; Leaf blight

番木瓜 (*Carica papaya* L.) 又称木瓜、乳瓜, 为番木瓜科(Caricaceae)木瓜属(*Carica*)植物<sup>[1]</sup>。原产美洲热带地区, 是热带、南亚热带广泛栽培的果树, 具有营养丰富、用途广、结果快、产量高、效益好的特点<sup>[2]</sup>。其果实含有多种维生素, 果实和叶还含有丰富的番木瓜酶, 可助消化和医药用<sup>[3]</sup>。在我国主要分布于台湾、海南、广东、云南等省的热带地区<sup>[4]</sup>。云南省元江县于2002年初引进番木瓜新品种—夏威夷苏罗(Solo), 在甘庄农场示范种植面积8 hm<sup>2</sup>。但番木瓜生长至初花期(7月底), 植株下部叶片叶尖及叶缘出现叶枯病, 且发生面积大, 症状由下部叶片向上部叶片蔓延, 对植株生长极为不利, 严重者导致整株枯死。据有关报道认为此病是由于土壤有效钾缺乏而导致的一种生理性缺钾叶枯病<sup>[5]</sup>。有关番木

瓜生理性缺钾症的研究, 国内外已有一些报道, 但尚未有系统的研究报告<sup>[6]</sup>。

为促进玉溪热带地区新兴农业产业的发展, 我们检测了番木瓜正常株与缺钾株各个器官钾营养状况, 以及镁钾比变化对生理性缺钾叶枯病的影响, 提出了防治番木瓜生理性缺钾叶枯病的经济而有效的平衡施钾技术。

## 1 材料和方法

### 1.1 取样

2002年7月至2003年5月在元江县甘庄农场示范种植番木瓜8 hm<sup>2</sup>。在番木瓜初花期, 随机采集18对叶枯病植株及正常植株的配套样品(含土样), 采样部位为中下部叶片和叶柄; 叶枯病植株株高平

均 175 cm, 正常植株株高平均 180 cm。取症状典型的植株及正常植株各 3 株, 分根、茎、叶(分叶片、叶柄及不同叶位)等器官作为整株配对样品, 并采集其配对土样(含根际土样和株间土样), 分别测定叶枯病植株及正常植株的 N、P、K、Mg 等营养元素的含量, 数据为 3 株植株测定值的加权平均数。

### 1.2 土壤养分测定

随机调查采集 40 个株间耕作层(0–30 cm)混合土样(10–15 个采样点为一个混合土样), 并与植株一起采取配对的根际土样 36 个, 测定相关营养元素, 并作对比统计分析。

### 1.3 田间小区试验

在已施等量尿素(每株 150 g)和普钙(每株 200 g)基础上设 6 个处理(每株每次施肥量): N、P 处理(尿素 100 g + 普钙 200 g); N、P、K、S 处理(硫酸钾 320 g + 磷酸一铵 100 g + 尿素 100 g); N、K 处理(硝酸钾 350 g); N、P、K 处理(硝酸钾 350 g + 磷酸一铵 100 g); N、P、K、Mg 处理(硝酸钾 350 g + 普钙 200 g + 硫酸镁 150 g); N、P、Mg 处理(尿素 100 g + 普钙 200 g + 硫酸镁 150 g)。另外每个处理每株增施硼砂 15 g。试验前, 叶枯病植株发生率为 100%, 并且绝大多数叶枯病植株下部(10 片以下)的叶片均已不同程度感病; 土壤有效 N 含量  $108.2 \text{ mg kg}^{-1}$ , 有效 P 含量  $38.7 \text{ mg kg}^{-1}$ , 有效 K 含量为  $42.2 \text{ mg kg}^{-1}$ , 有效态 Mg 含量  $245 \text{ mg kg}^{-1}$ 。每处理安排 8 株, 2002 年 8 月 28 日(番木瓜移植后 3 个月左右, 初花期)试验第一次施肥, 2002 年 11 月 28 日(结果期)第二次施肥。每次施肥方法均为环状沟施并盖土及浇水, 其它管理方法按常规进行。通过田间小区试验, 以观察钾和镁营养的多少与番木瓜叶枯病发生的关系。

### 1.4 同田对比试验

在已施等量尿素和普钙基础上, 以每株每次施硝酸钾 350 g、普钙 100 g 及硼砂 15 g 为处理, 以每株每次施尿素 100 g、普钙 100 g 及硼砂 15 g 为对照, 各安排 20 株, 共施两次, 每次施肥采用环状沟施并盖土及浇水, 其它管理方法按常规进行。安排 3 组同田对比试验。试验前, 叶枯病植株发生率为 100%, 并且绝大多数叶枯病植株下部(10 片以下)的叶片均已不同程度感病; 土壤有效 N 含量  $100.2\text{--}125.6 \text{ mg kg}^{-1}$ , 有效 P 含量  $45.2\text{--}52.7 \text{ mg kg}^{-1}$ , 有效 K 含量为  $55.2\text{--}60.5 \text{ mg kg}^{-1}$ , 有效态 Mg 含量  $240\text{--}$

$252 \text{ mg kg}^{-1}$ 。通过同田对比试验, 进一步观察钾和镁的有无与番木瓜叶枯病发生的关系。

### 1.5 营养元素测定方法

营养元素检测均在玉溪市农科所农业分析测试中心进行。土壤有效 N 用碱解扩散法; 土壤有效 P 用  $0.5 \text{ mol/L}$  碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法; 土壤有效 K 用  $1 \text{ mol/L}$  醋酸铵提取—原子吸收分光光度计法; 土壤有效态 Mg 用  $1 \text{ mol/L}$  醋酸铵提取—原子吸收分光光度计法。植株全 N、Mg、Zn、Cu、Mn、Fe 用盐酸交换—原子吸收分光光度计法; 植株全 N、P、K 用酸法消化后, 全 N 用蒸馏法, 全 P 用钼锑抗比色法, 全 K 用原子吸收分光光度计法。

## 2 结果和分析

### 2.1 叶枯病症状

对 10 个地块 100 株番木瓜植株叶枯病发生情况的调查表明, 95% 的番木瓜植株有不同程度的叶枯病发生。症状最初发生在最下面的叶片, 然后逐渐向上部叶片蔓延。首先在叶片的最顶端叶缘出现不规则的黄褐色小斑块, 然后向两侧叶缘扩散, 再向中央扩展, 形成黄褐色的大斑块; 随着症状的进一步加重, 原先形成的黄褐色斑块变为褐色或灰白色的枯斑, 随之整个叶片干枯(简称“叶枯病”)。病叶较脆, 风吹易碎裂。症状发生严重度由下向上逐渐加重。

### 2.2 叶枯病与生物量

发生叶枯病的番木瓜植株, 其鲜重、干重及含水量均有所降低, 与正常株相比, 鲜重降低 34.9%、干重降低 17.6%、含水量降低 4.0%。各器官鲜重降低大小顺序为: 根>茎>叶柄>叶片; 干重: 根>叶片>茎。而叶枯病植株叶柄干重比正常株增加 8.2%(表 1), 叶片数比正常株少 4 片。有效果数减少, 且单果重也降低, 从而导致产量下降。施钾平均每株结果数为 23 个, 平均单株果重为 18 kg, 比未施钾的平均结果数(16 个)多 7 个, 平均单株果重(8 kg)多 10 kg。

根据具有典型叶枯病症状的番木瓜植株及正常植株的下部叶片(含叶柄)以及土样的 N、P、K、Mg 等的检测(表 2、3), 土壤和植株的 N、P、Cu、Zn、Mn、Fe 元素含量在叶枯病植株与正常植株相差不大, 而 K 则表现出较大差异。同时也看出, 土壤有效态 Mg 虽然相差很小, 但叶枯病植株 Mg 含量显著

高于正常植株。另外从施肥情况可知, 所有番木瓜田块只施氮肥和磷肥, 而未施用过钾肥, 因此认为番木瓜叶枯病的发生与缺 K 有关, 也与植株 Mg 的过量有关。

### 2.3 K 含量比较

番木瓜叶枯病植株各器官中 K 的绝对含量和相对含量均显著低于正常植株 (表 1)。不同叶位的

叶片和叶柄的 K 含量也是病株比正常株显著降低 (表 4)。如下部第 1-4 叶位, 叶枯病植株叶片平均 K 含量仅为 0.519%, 比正常植株叶片低 65.9%; 即使是未表现叶枯病症状的上部叶片和叶柄, 其 K 含量也比正常植株明显降低。病株及正常株的叶片和叶柄虽然均表现出随叶位由下至上, K 含量逐渐升高的趋势, 但病株的第 21-24 叶位叶片的 K 含量仅相当于正常植株第 5-8 叶位的; 而正常植株第 1-4 叶

表 1 番木瓜植株各器官生物量及 K、Mg 含量比较 (各 3 株平均)  
Table 1 Biomass, K and Mg contents in different organs of papaya

		鲜重 Fresh weight (g)	干重 Dry weight (g)	含水量 Water content (%)	有效钾 K (mg plant <sup>-1</sup> )	有效镁 Mg (mg plant <sup>-1</sup> )	K (%)	Mg (%)	Mg/K
病株 Disease plants	叶片 Leaf	1601.3	414.0	74.1	6321.2	5387.0	1.527	1.301	0.85
	叶柄 Petiole	1469.0	313.4	78.7	3228.1	2059.0	1.030	0.657	0.64
	茎秆 Stem	3750.0	483.8	87.1	6685.4	3623.3	0.951	0.749	0.54
	根 Root	1550.0	195.3	87.4	4169.7	1857.3	2.135	0.951	0.45
	合计 Total	8370.3	1406.5	83.2	20404.4	12926.6			
	平均 Average						1.451	0.919	0.63
正常株 Normal plants	叶片 Leaf	1959.0	529.0	73.0	11996.0	4731.8	2.268	0.894	0.39
	叶柄 Petiole	1955.7	289.7	85.2	8416.0	1122.7	2.905	0.388	0.13
	茎秆 Stem	5750.0	598.0	89.6	21719.4	2960.1	3.632	0.495	0.14
	根 Root	3200.0	291.2	90.9	13855.3	1298.8	4.758	0.446	0.09
	合计 Total	12864.7	1707.9	86.7	55986.7	10113.4			
	平均 Average						3.278	0.592	0.18

正常植株根际土有效 K 平均为 115.4 mg kg<sup>-1</sup>, 有效 Mg 为 251 mg kg<sup>-1</sup>; 叶枯病植株根际土有效 K 平均为 59.5 mg kg<sup>-1</sup>, 有效 Mg 为 237 mg kg<sup>-1</sup>。Available K in soil around roots of normal, and disease plants are 115.4 mg kg<sup>-1</sup> and 59.5 mg kg<sup>-1</sup>, respectively; while available Mg are 251 mg kg<sup>-1</sup> and 237 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. n=6 (自由度), t<sub>K</sub>=3.06, t<sub>0.01</sub>=3.707, n=6 (自由度), t<sub>0.05</sub>=2.447; t<sub>0.05</sub>=0.6, t<sub>0.05</sub>=2.447.

表 2 番木瓜植株的叶片养分含量比较  
Table 2 The nutrient contents in leaves of papaya

	样品数 Sample number	全 N Total N (%)	全 P Total P (%)	全 K Total K (%)	Mg (%)	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )
正常株 Normal plants	5	2.700	0.498	1.558	1.059	9.42	15.66	39.25	60.17
病株 Disease plants	5	2.598	0.586	0.695	1.837	10.19	16.24	35.93	62.62

n=7, t=0.39, t<sub>0.05</sub>=2.365; n=8, t<sub>K</sub>=5.75, t<sub>0.01</sub>=3.355; n=8, t<sub>Mg</sub>=5.638, t<sub>0.01</sub>=3.355

表 3 番木瓜植株的土壤有效态养分含量比较 (mg kg<sup>-1</sup>)  
Table 3 Available nutrient contents (mg kg<sup>-1</sup>) in soil of papaya plantation

	样品数 Sample number	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
正常株 Normal Plants	5	126.90	34.63	119.07	254	4.26	2.28	15.05	53.92
病株 Disease plants	5	124.07	38.50	38.73	218	4.53	2.48	14.40	55.75

n=7, t=0.79, t<sub>0.05</sub>=2.365; n=8, t<sub>K</sub>=71.6, t<sub>0.01</sub>=3.355; n=8, t<sub>Mg</sub>=19.8, t<sub>0.01</sub>=3.355

位叶柄的 K 含量比病株第 21–24 叶位叶柄的高 32.7%。病株各器官 K 相对含量为根>叶片>叶柄>茎;而正常植株为根>茎>叶柄>叶片(表 1)。

#### 2.4 Mg 含量比较

番木瓜叶枯病植株各器官的 Mg 绝对含量和相对含量均显著高于正常植株(表 1)。不同叶位的叶片和叶柄 Mg 含量也是病株比正常株显著提高(表 4)。如下部第 1–4 叶位,叶枯病植株叶片 Mg 平均含量为 2.636%,比正常植株叶片提高 56.7%;即使是未表现叶枯病症状的上部叶位叶柄,其 Mg 含量也比正常植株明显提高,但是叶枯病植株与正常植株的上部叶位叶片含 Mg 量接近或有略减的趋势(表 4)。发生叶枯病的植株,其叶片和叶柄的 Mg 含量均比正常植株显著提高。

番木瓜叶枯病植株及正常植株不同叶位的叶片和叶柄虽然均表现叶位由下至上 Mg 含量逐渐降低的趋势,但叶枯病植株第 9–12 叶位叶柄的 Mg (0.941%)含量就与正常植株最下面的第 1–4 叶位叶柄的 0.997%接近,而正常植株第 1–4 叶位叶片的 Mg 含量(1.682)还低于叶枯病植株第 13–16 叶位叶片的 (1.726%)(表 4)。从单株番木瓜植株各器官 Mg 相对含量高低顺序来看,叶枯病植株:叶片>根>茎>叶柄;正常植株:叶片>茎>根>叶柄(表 1)。

#### 2.5 Mg/K 比较

番木瓜叶枯病植株各器官的 Mg/K 值均显著高于正常植株(表 1)。不同叶位的叶片和叶柄的

Mg/K 值,叶枯病植株比正常植株显著提高(表 4)。发生叶枯病的植株,其叶片和叶柄的 Mg/K 值均比正常植株的显著提高,病株叶片和叶柄的 Mg/K 比值分别为 0.85、0.64,而正常植株叶片和叶柄的 Mg/K 比值分别为 0.39、0.13(表 1)。番木瓜叶枯病植株的叶片和叶柄表现叶位由下至上 Mg/K 逐渐降低的趋势,并且从第 1 叶至第 20 叶呈急剧的下降;而正常植株的叶片和叶柄的下降趋势较平缓。叶枯病植株第 13–16 叶位的叶片 Mg/K 值比正常植株第 1–4 叶位的叶片 Mg/K 值高 23.6%;叶枯病植株第 17–20 叶位的叶柄 Mg/K 值也比正常植株第 1–4 叶位的叶柄高 49.1%(表 4)。

#### 2.6 土壤养分分析

发生叶枯病的番木瓜植株的根际土壤有效 K 含量很低,仅为 46.5 mg kg<sup>-1</sup>,比正常植株降低 60.9%,达极显著差异,而土壤 Mg 含量则基本接近。40 个株间耕作层混合土样测定结果表明,土壤有效 K 含量为 25.9–120.4 mg kg<sup>-1</sup>,平均为 50.3 mg kg<sup>-1</sup>(标准差为 21.9 mg kg<sup>-1</sup>)。其中,土壤有效 K 含量<50 mg kg<sup>-1</sup>的样品数 30 个,占 75%,说明绝大部分土壤为缺钾状态,从而导致番木瓜叶枯病大面积发生。

#### 2.7 施肥防治效果

小区不同施肥试验结果表明,施用钾肥的 4 个处理能有效控制番木瓜叶枯病的发生,而未施钾肥的两个处理,叶枯病基本得不到控制,施肥后 64 d 新增病叶 19.0–21.6 片。成熟期单株有效果数,施用

表 4 番木瓜植株的叶片 K、Mg 含量及 Mg/K 比较  
Table 4 K, Mg contents and K/Mg ratio in papaya leaves

叶位(山下至上) Leaf position on the stem (from below)	病株 Disease plants			正常植株 Normal plants		
	Total K (%)	Total Mg (%)	Mg/K	Total K (%)	Total Mg (%)	Mg/K
1–4	0.519	2.636	5.08	1.523	1.682	1.10
5–8	0.756	2.280	3.02	1.681	1.569	0.93
9–12	1.024	2.161	2.11	1.827	1.340	0.73
13–16	1.272	1.726	1.36	1.912	1.277	0.67
17–20	1.444	1.246	0.86	2.157	1.004	0.47
21–24	1.648	0.823	0.50	2.175	0.797	0.37
25–28	2.166	0.450	0.21	2.457	0.534	0.22
29–33A 心叶	2.771	0.194	0.07	2.803	0.295	0.11
34–37 B 心叶				3.564	0.161	0.05

n=14, t<sub>k</sub>=1.94, t<sub>0.05</sub>=2.145; t<sub>Mg</sub>=1.91, t<sub>0.05</sub>=2.145

钾肥的 4 个处理平均为 23.4 个, 比未施钾肥的 2 个处理平均多 7.2 个(增加 44.4%); 施用钾肥的 4 个处理的平均单果重 734.2 g, 比未施钾肥的 2 个处理平均增加 41.8% (表 5)。此外, 施 K 肥的番木瓜不同时期的叶片和果实器官中, K 含量增加, 而 Mg 含量均有所下降。施用钾肥后叶枯病得到有效控制, 提高了植株的 K 含量, 协调了镁钾平衡。

另外, 施用钾肥、普钙和硫酸镁处理的单株有效果数比施硝酸钾和磷酸一铵的减少 2.1 个, 单果重也减少 158.5 g (20.4%), 说明在土壤有效态 Mg 含量为 245 mg kg<sup>-1</sup> (丰富) 的条件下, 再施用镁肥会导致番木瓜产量降低(表 5)。对照和施肥同出对比试验结果也表明, 施用钾肥后能有效地控制番木瓜叶枯病的发生, 并获得显著的增产效果。

表 5 不同施肥处理对番木瓜叶枯病防效试验结果  
Table 5 Effects of fertilizer application on the control of leaf bright of papaya

处理 Fertilizers	施肥前单株 病叶数 Disease leaf number per plant before fertilization	施肥后 64 d 64 days after fertilization		成熟期 Ripening stage		
		增病叶数 Newly increased disease leaf number	果实数 Fruit number	果实数 Fruit number	单果重 Weight per fruit (g)	单株果重 Fruit weight per plant (kg)
N P	11.2	21.6	19.4	16.4	530.5	8.70
N P K S	10.4	3.2	24.6	24.0	775.7	18.62
N K	12.8	3.5	24.8	23.3	767.2	17.88
N P K	13.0	3.4	26.0	24.2	776.3	18.79
N P K Mg	12.8	3.5	23.6	22.1	617.8	13.65
N P Mg	13.6	19.0	20.0	16.0	504.9	8.08

### 3 讨论

研究表明, 在云南元江县甘庄农场番木瓜生产中施用钾肥能有效控制叶枯病症的发生并获较高产量。发生缺钾叶枯病症的植株, 其根、茎、叶、叶柄等器官含镁量高, 使镁 / 钾比值增高, 镁 / 钾比值过高是导致叶枯病症发生的一个间接原因, 施用钾肥能平衡镁 / 钾比值。

从田间病株分布状况和叶枯病发生的部位以及症状在同株的蔓延情况分析, 该症具有较典型的生理性病害特征, 与在植物体内再转移程度很高(再利用率高)的营养元素缺乏关系较大<sup>[8]</sup>。

番木瓜种植在土壤有效态 Mg 很高而有效 K 较低的田块上, 容易发生生理性缺钾症, 并且病株表现高镁低钾; 而在土壤有效态 Mg 很高和有效 K 较高(或施用钾肥)田块上种植的番木瓜植株生长正常, 其根、茎、叶均表现高钾低镁, 出现“阳离子竞争效应”, 特别是钾的竞争作用, 使镁的吸收受到抑制, 说明番木瓜植株镁与钾存在拮抗作用。在进行番木瓜植株缺钾营养诊断时, 要考虑采样的器官和部位, 因根、茎、叶以及不同叶位的叶片和叶柄的含钾量及 Mg/K 比值是不一样的。

### 参考文献

- [1] Ling X H(凌兴汉), Wu X Y(吴显荣). Protetin Enzyme and Culture of *Carica papaya* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998. 53-54. (in Chinese)
- [2] Weng S Z(翁树章), Zhang S G, Iuo Q J, et al. Cultivation Disease the Prevention and Cure is Simple to Process of the *Carica papaya* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002. 1-3. (in Chinese)
- [3] Lin X H(林醒华). The culture of *Carica papaya* [J]. Fujian Sci Tech Trop Crop, 1995, 20(1):38. (in Chinese)
- [4] Zang X P(臧小平), Xi X R. The nourishment and fertilizer of *Carica papaya* [J]. China South Fruit(中国南方果树), 2002, 31(1):38. (in Chinese)
- [5] Yang S C. Relationship between the Mg and K contents and potassium-deficient leaf blight of papaya plant [J]. Chin Agri Sci Bull, 2005, (9):396-399. (in Chinese)
- [6] The soil fertilizer total to stand of agriculture department. The Soil Analyze the Technique Norm [M]. Beijing: Agriculture Press, 1993. 39-57.
- [7] Committee academic to soil and agriculture chemistry profession of China. Soil Agriculture Chemistry Normal Regulations Analyze Method [M]. Beijing: Science Press, 1983. 273-283.
- [8] Marsno H. Chao Y P(曹一半), Lu J L(陆景陵), translate. The High Plant Nourishment [M]. Beijing: Beijing Agriculture University Press, 1991. 55-56.