

钾营养对水果和蔬菜食物品质的影响——一篇精简综述

Gene E. Lester, John L. Jifon 和 Donald J. Makus 著

加拿大国际植物营养研究所成都代表处 谢玲译 涂仕华校

(原文出自 BETTER CROPS 2010, No. 1 P18-21, www.ipni.net)

在诸多作物矿质营养元素中，钾作为一个阳离子对水果品质的影响独树一帜。它决定了水果的商品性、消费者的偏爱和与人类健康相关的植物养分。但是，许多因素如植物种类、土壤和环境条件通常会限制植物在生长过程中从土壤中吸收充足的钾来满足果实的需要，优化上述提到的品质特性。本刊2007年登出的一篇研究论文 (Lester et al., 2007) 已报道了叶面喷施钾肥能明显地提高哈密瓜多项果实品质参数，尽管土壤测试结果显示该土壤钾含量丰富。本文在以前报道过的得克萨斯格兰德河流域所做的工作基础上进行了扩展，综述了已发表的论文摘要，包括土施和/或者叶面喷施钾肥对水果和蔬菜品质特性(包含植物营养素)的影响。



钾是一种关键的植物矿质元素(养分)，对水果和蔬菜中与人类健康息息相关的品质化合物含量的影响很大(Usherwood, 1985)。尽管钾不是任何有机分子或植物的结构成分，但它参与了与植物生长，产量和品质形成，以及应激反应相关的重要生物化学和生理过程(Marschner, 1995; Cakmak, 2005)。除调控植物蒸腾和光合作用过程中的气孔开闭外，钾还参与了光合磷酸化，光合产物从源组织经韧皮部到库组织的运移，酶的激活，维护细胞膨压和增强抗逆能力(Usherwood, 1985; Doman and Geiger, 1979; Marschner, 1995; Pettigrew, 2008)。充足的钾素营养与增加产量、水果大小、可

溶固型物和VC含量、改善水果着色度、延长保存期及保持园艺作物的运输品质密切相关(Geraldson, 1985; Lester et al., 2005, 2006, 2007; Kanai et al., 2007)。

尽管很多土壤都富含钾, 但大部份钾却不能被植物利用, 这是因为土壤中的植物有效钾库相对其它形态钾更小。土壤中的钾有几种形态, 包括矿物钾(占全钾的90%-98%), 非交换钾, 交换钾, 溶解钾或溶液钾(K^+), 植物只能直接吸收溶液钾(Tisdale et al., 1985)。反过来, 作物对钾吸收取决于许多作物和环境因素(Tisdale et al., 1985; Marschner, 1995; Brady and Weil, 1999)。比如, 充足的土壤水分能加快钾的扩散(通常占>75%钾的移动), 促进根系对钾的吸收。质流也担负一些土壤钾的运输, 同样需要充足的水分。Skogley和Haby(1981)发现把土壤水分从10%增加到28%, 在土壤中钾的运输总量就会翻倍。因此, 土壤水分不足就会影响土壤钾的运移和植物对钾的吸收, 从而导致缺钾。

土壤性质也会强烈影响钾的有效性。比如, 粘土可能因固钾能力强而使钾肥效应不明显, 因为施入土壤中的有效钾很快就会被粘土固定(Tisdale et al., 1985; Brady and Weil, 1999)。土壤对钾的持留能力有助于减少钾的淋失, 从长远来看, 因此而形成的土壤钾库对后作有益。相反, 砂质土壤一般供钾能力较弱, 这是因为其阳离子交换能力低。

石灰性土壤中钙离子(Ca^{2+})含量很高, 它占据了土壤表面和交换位点。尽管这会限制土壤对钾的吸附和增加溶液钾浓度, 但高养分阳离子含量—尤其是 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} , 往往会因为竞争根系表面的吸附位而抑制钾的吸收。结果是, 生长在高石灰性土壤上的作物会表现出缺钾症状, 尽管土壤测试显示这土壤并不缺钾(Havlin et al., 1999)。

钾的吸收同样也取决于植物方面的原因, 包括植物基因型和生育期(营养生长期对生殖生长期, Rengel et al., 2008)。对结果期的许多果树来说, 养分吸收主要是在营养生长期, 这一阶段植物合成的碳水化合物必须足以供给根部生长和养分吸收过程的需要。在生殖生长期, 水果发育膨大和营养器官之间竞争光合产物会影响根系生长/活力和对钾的吸收。在此情况下, 增施钾肥可能并不会完全缓解这种发育诱导的缺钾, 这一方面是因为果树生殖生长期根系生长/活力的降低, 另一方面是因为与其它阳离子竞争根表吸收位点(Marschner, 1995)。

表1 钾影响果实的论文摘要综述: 作物, 钾肥施用方法和形态对果实属性的影响

作物	施钾方式	钾肥形态 ^a	改善的品质属性 ^b	参考文献 ^c
苹果 (<i>Malus X domestica</i>)	土壤	KCl	颜色、结实度、甜度	Nava(2009);
		K_2SO_4	大小、颜色、结实度、甜度	El-Gazzar(2000);
		K_2SO_4	产量、结实度、甜度	Attala(1998)
苹果	叶面	未知	大小、颜色、结实度、甜度	Wojcik(2005);
		KCl	无变化	Hassanloui(2004)
香蕉(<i>Musa sp.</i>)	土壤	未知	品质	Naresh(1999);
		KCl	大小、甜度、酸度	Suresh(2002)
柑橘(<i>Citrus reticulata</i>)	叶面	KCl, KNO_3	无变化	Haggag(1990);
		未知	产量、品质	Dutta(2003);
		K_2SO_4	品质	Shawdy(2000)
柑橘(<i>Citrus sinensis</i>)	土壤	未知; 未知	产量、品质 品质、储存期	Lin(2006); Srivastava(2001)
柑橘(<i>Citrus reticulata</i>)	叶面	$KCl > KNO_3$	果皮厚度、品质	Gill(2005)
黄瓜(<i>Cucumis sativus</i>)	土壤	$K_2SO_4 > KCl$	氨基酸、品质	Guo(2004);
		KCl	无变化	Umamaheswarappa(2004)
黄瓜	叶面	$KCl > KNO_3$	“品质”、抗病能力	Magen(2003)

葡萄 (<i>Vitis vinifera</i>)	土壤	K ₂ SO ₄	“品质”、敏感度	Sipiora(2005)
番石榴 (<i>psidium guajava</i>)	土壤	未知	产量、果重、“品质”	Ke(1997)
番石榴	叶面	K ₂ SO ₄ > KCl	酸度、“品质”	Dutta(2004)
猕猴桃 (<i>Actinidia deliciosa</i>)	土壤	K ₂ SO ₄ > KCl	结实度、酸、等级	He(2002)
荔枝 (<i>Litchi chinensis</i>)	叶面	KNO ₃	果重、产量	Ashok(2004)
芒果 (<i>Mangifera indica</i>)	土壤	KNO ₃	无变化	Simoos(2001)
芒果	叶面	KNO ₃	无效	Rebolledo-Martinez(2008)
		未知	组织、香味、颜色、保存期	Shinde(2006)
香瓜 (<i>Cucumis melo</i>)	土壤	未知	产量	Demiral(2005)
香瓜	叶面	Gly-amino-K	维它命	Lester(2005);
		Gly-amino-K> KCl	结实度、甜度、维它命	Lester(2006);
		Gly-amino-K=K ₂ SO ₄ > KCl>KNO ₃	结实度、维它命糖、产量、商品果实	Jifon(2009)
油桃 (<i>Prunus persica</i>)	土壤	未知	结实度、储存期、裂痕减少	Zhang(2008)
黄秋葵 (<i>Abelmoschu esculentus</i>)	叶面	Naphthenate-K	叶绿素、蛋白质、胡萝卜素	Jahan(1991)
西番莲 (<i>Passiflora edulis</i>)	水培	K ₂ SO ₄	产量、种子数、“品质”	Costa-Araujo(2006)
番木瓜 (<i>Carica papaya</i>)	土壤	未知	重量、甜度、“品质”	Ghosh(2007)
梨 (<i>Pyrus communis</i>)	土壤	K ₂ SO ₄	无变化	Jonson(1998)
Phalsa (<i>Grewia subinaequalis</i>)	叶面	K ₂ SO ₄	大小、重量、“品质”	Singh(1993)
甜椒 (<i>Capsicum annum</i>)	土壤	KCl	几乎无变化	Hochmuth(1994);
		K ₂ SO ₄	辣味、品质	Ananthi(2004);
		K ₂ SO ₄ > KNO ₃	辣味、产量、果重	Golcz(2004);
		K ₂ SO ₄	“品质”	EI-Masry(2000)
甜椒	水培	KNO ₃	无变化	Flores(2004)
菠萝 (<i>Ananas conosus</i>)	土壤	KCl	VC、果实中间褐色部分减少	Herath(2000)
石榴 (<i>Punica granatum</i>)	叶面	K ₂ SO ₄ > KCl	生长、产量、“品质”	Muthumanickam(1999)
草莓 (<i>Fragaria X ananassa</i>)	土壤	KCl	无变化	Albregts(1996);
	水培	KCl>KNO ₃	“品质”	Lbrahim(2004)
草莓	滴灌施肥	K ₂ SO ₄	产量、综合品质	Khayat(2007)
蕃茄 (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	土壤	KCl	番茄红素	Taber(2008);
		K ₂ SO ₄	“品质”	Si(2007);
		K ₂ SO ₄	产量、早熟、品质	Hewedy(2000)
蕃茄	水培/无土	KCl>KNO ₃	外观、品质	Chapagain(2003);
		KCl>KNO ₃	产量、“品质”	Chapagain(2004);
		K ₂ SO ₄	类胡萝卜素、维它命E	Fanasca(2006);
		未知;	抗氧化剂	Li(2006);
		未知;	番茄红素、“品质”	Yang(2005)
蕃茄	叶面	未知	生长、蛋白质、维它命C、甜度、酸度	Li(2008)
蔬菜	土壤	K ₂ SO ₄ > KCl	干物质量、维它命C	Ni(2001)
西瓜 (<i>Citrullus lanatus</i>)	土壤	KCl	无变化	Locascio(2002);
		KCl	无变化	Perkins-Veazie(2003)

a 不同研究来源的数据用分号隔开；一种钾形态对品质的贡献大于另一种形态时，用>符号表示。

b 源自不同研究的属性用分号隔开。“品质”意为作者没有特指，或因因素太多而不能一一列举。

c 不同研究的参考文献用分号隔开，因省略之故只列出第一作者。

注: Gly-amino-K 甘氨酸钾 Naphthenate-K 环烷酸钾

在本刊或别处登出的一项研究报告(Lester et al., 2005, 2006, 2007)表明, 叶面喷施钾对哈密瓜商品质量的提高是通过增加果实的结实度和含糖量来实现的, 对人体健康品质的提高是通过增加维生素C和 β -胡萝卜素含量来实现的, 土壤测试表明该土壤钾含量处于较高水平。尽管如此, 文献中有关施用不同钾肥品种、土施对比叶面喷施、环境(季节)因素、施肥时间和施用频次的好处仍然很含混。本综述总结了一些已发表的有关果树施用钾肥效果的论文摘要, 重点放在各种钾肥品种、土施对比叶面喷施钾肥对水果品质的作用效果。



比较不同钾肥品种对水果的影响

尽管很多研究报道了施用钾肥有助于提高果实的抗病性, 增加产量、果重、结实度、含糖量、感官属性、货架时间和有益于人体的生物活性物质含量, 但科学文献中也有施用钾肥对水果品质无影响的报道(表1)。这些相互矛盾的研究结果, 虽然难以明断谁是谁非, 但可用每一研究所采用的施肥方法(如土施对比叶面喷施, 灌溉施肥或水培)和钾肥品种(如KCl, K_2SO_4 , KNO_3 , 氨基酸络合钾)的不同而进行解释。

本文综述了过去20年来发表的相关论文摘要(表1)。回顾这些研究, 大多数显示钾肥对作物品质属性有影响。然而, 有8个研究结果例外, 包括苹果(Hassanloui, et al., 2004); 黄瓜(Umamaheswarappa and Krishnappa, 2004), 芒果, (Rebolledo-Martinez et al., 2008), 梨(Johnson

et al., 1998), 甜椒 (Hochmuth et al., 1994), 草莓 (Albregts et al., 1996) 和西瓜 (Locascio and Hochmuth, 2002; Perkins-Veazie et al., 2003)], 即钾肥对水果品质影响很小或没有影响。有趣的是, 除苹果研究外, 其余研究都有一个共同之处, 那就是钾肥是直接施入土中, 多数情况下作者没有提供钾肥的施用时间和土壤理化性状的信息。这些因素会影响土壤养分的有效性和作物吸收。同时, 在某些条件下土施钾肥可能对作物吸收、产量和果实品质影响很小或根本没有影响 (Tisdale et al., 1985; Brady and Weil, 1999)。

很多对结果作物 (如黄瓜、芒果和香瓜) 的研究是将土施钾肥与叶面喷施相比较。结果是, 所有叶面喷施钾肥都改善了果实品质属性。相反, 土施钾肥对果实品质的影响一般很小或无 (Demiral and Koseoglu, 2005; Lester et al., 2005, 2006; Jifon and Lester, 2009; 表 1)

此外, 在钾肥形态的研究中, 果实品质似乎取决于钾肥品种。比如, Jifon 和 Lester (2009) 指出, 在作物生长中后期土施或叶面喷施 KNO_3 对水果的商品品质属性和有益于人体健康的营养品质属性的影响很小或没有; 在某些情况下, 这些属性甚至比对照还差。

本文表明, 在制定钾肥施用方案时, 实施者应明白仅凭土壤测试数据并不能做出最佳决策。虽然土壤测试数据在制定施肥方案时非常重要且有用, 但还必须考虑其他重要因素, 如施肥时间, 作物需肥动态以及钾肥品种。单凭高的土壤含钾量并不一定就能肯定作物对钾肥没有反应。此外, 果实发育膨大期对钾的需求量很高, 叶面喷施钾肥能改善水果的几种品质属性。

Lester 博士 (gene.lester@ars.usda.gov) 和 Makus 博士在美国农业部、农业研究服务中心 (USDAARS)、Kika de la Garza 亚热带农业研究中心工作, 地址是: 2413 East Business Highway 83, Building 200, Weslaco, Texas 78596 USA。Jifon 博士任职于得克萨斯农业生活中心、水果蔬菜改良中心、Texas A&M 系统, 地址是: East Business Highway 83, Weslaco, Texas 78596 USA。

参考资料 略