

元素鉀與植物營養及植物病害之關係

陳玟瑾

摘要

元素鉀為植物營養三要素之一，大部分高產的作物其於鉀的吸收量大於其他巨量元素。但在某些作物，鉀的吸收量與氮相當，或略少於氮。鉀於植物的生理上扮演重要的角色，包括活化60多種酵素、氣孔開閉活動、光合作用、醣類運輸、水及養份運輸、蛋白質合成、澱粉合成、作物品質等均極相關。鉀的過多及缺乏與植物對病蟲害抗性及感性也具有相關性。前人研究顯示，僅在土壤鉀缺乏時，施用鉀可減輕Verticillium spp.於蔬菜、水果、飼料作物及觀賞作物之萎凋。另一研究報告顯示，施用鉀可提升棉花於密西西比地區對黃萎病(病原菌Verticillium dahliae Kleb.)的抗性。鉀於植物對病蟲害的抗性與其作物基因型、氮鉀比等因素有關，然其機制並未完全明瞭，其中的原因可能有改變作物蛋白質及胺基酸含量、降低細胞通透與細胞的浸離(maceration)及病蟲的穿透有關。

前言

元素鉀為植物生長的必需元素，且為三要素之一，大部分高產的作物其於鉀的吸收量大於其他巨量元素。但在某些作物，鉀的吸收量與氮相當，或略少於氮。鉀對植物60多種酵素的活化、氣孔開閉活動、光合作用、醣類運輸、水及養份運輸、蛋白質合成、澱粉合成、作物品質等均有極顯著的關係(圖一)。鉀以離子態存在於植物體中，在土壤中依擴散方式移動到達植物根部，且被植物主動吸收。所有陽離子中，鉀是唯一能逆電化學梯度傳輸的元素。鉀在環境濃度低時(<0.5 mM)是主動吸收，當環境濃度高時，則會抑制其吸收，而控制鉀吸收速率的因子為細胞的膨壓。鉀在植物體中移動性大，因此缺乏症狀由老葉開始顯現。一開始降低植物生長速率，之後才顯現出黃化與壞疽現象。大部份的植物缺鉀症狀首先發生於葉緣與葉尖，但少部分植物在葉片呈現不規則的壞疽斑點。豆科作物對缺鉀較為敏感，因此與其他雜草相較，缺乏鉀元素可更快造成豆科作物生長不良。缺鉀使作物對不良氣候更敏感且更易遭受病害。

內容

一、元素鉀與植物營養的關係

1. 酵素活化

鉀在植物體內與60多種酵素活化有關，因此與光合作用、呼吸作用、醣類、

蛋白質及脂質的合成有關。

2. 氣孔開閉活動

保衛細胞膜上有ATP-pump，將氫離子排到保衛細胞外，使得保衛細胞的pH升高，同時使得保衛細胞的細胞膜發生超極化(hyperpolarization)。細胞膜內側的電勢變成更負，驅動鉀離子從表皮細胞釋放經過保衛細胞膜上的鉀離子通道進入保衛細胞，再進入液泡。當保衛細胞中累積較多的鉀離子及氯離子，水勢降低，水分因此進入保衛細胞，氣孔就張開。

3. 光合作用

鉀與ATP的產生有關；鉀減少二氧化碳在葉肉細胞中擴散的阻力，故鉀濃度上升，二氧化碳的固定增加；鉀與RuBP decarboxylase的合成有關；鉀也促進光合產物的運輸。

4. 糖類代謝

當鉀離子及氯離子進入液泡中，促使澱粉經水解為糖類進入液泡。

5. 水及養分運輸

因鉀離子與氣孔開閉有關，因此由蒸散作用可影響水及養分的運輸。

6. 蛋白質合成

蛋白質轉譯的過程中，許多步驟都需要鉀。此外，鉀離子可扮演NO₃⁻的counter ion而提升其於植物體的吸收與傳輸。

7. 澱粉合成

鉀能活化澱粉合成酶，所以能促進單糖合成雙糖(蔗糖)或多糖(澱粉)。

8. 作物品質

鉀供應充分時，糖類合成加強，纖維素和木質素含量提高，莖桿堅韌，抗倒伏。由於鉀能促進糖分的轉化和運輸，使光合產物迅速運到塊莖、塊根或種子，促進塊莖、塊根生長膨大，種子飽滿。

二、元素鉀與植物病害的關係

前人研究中，發現鉀與植物病害的關係如表一。由表可知，鉀與植物病蟲害關係可能是減輕、促進或對無影響。但其原因在當時則尚未明瞭。Huber及Arny(1985)的研究指出，缺鉀的作物較易罹病。又因鉀同時可提供植物病原菌與植物生長所需的養分，因此推論，鉀對植物病害的抗性提升較其直接對病原的養分提供效果大。例如，施用鉀可提升棉花於密西西比地區對黃萎病(病原菌Verticillium dahliae Kleb.)的抗性。此外，亦有研究指出僅在土壤鉀缺乏時，施用鉀可減輕Verticillium spp.於蔬菜、水果、飼料作物及觀賞作物之萎凋。然而，Grewal及Williams(2002)的研究指出，過量的鉀可能使作物病害增加或減少，視乎環境及作物與病害的種類而定(圖二)。Prabhu等人(1999)的研究發現，當不施用氮肥時，施用鉀肥可顯著降低苜蓿葉斑病的罹病率。但當氮施用量為適當值時，則鉀肥的施用量與苜蓿葉斑病罹病率呈現二次曲線，即鉀施用量低時，罹病率上升，而當鉀施用量高時，罹病率下降(圖三)。此研究顯示氮與鉀的比率與植物病害的增

減有關。因此，單單提升鉀肥施用量無法保證能夠減輕植物的罹病率，而應適當調配氮鉀的比率，方能使罹病率降低。作物基因型對病蟲害的罹病率亦有相關。Fageria等人(1990)的研究顯示，鉀施用量對早稻熱病抗性較感性品種的產量具有顯著增加的效應。

鉀元素降低植物罹病的機制為何，目前尚無定論。以下為目前所知的幾種可能性推論。1. 施用鉀改變蛋白質及胺基酸的有效性。舉例而言，植物精胺酸含量會隨鉀的施用量而提升，而精胺酸具有靜菌作用，因此可能降低植物罹病率；2. 鉀可降低植物細胞的通透，使病菌不易入侵；3. 因植物物理性防禦的機制提升，使細胞減少浸離(maceration)及病蟲的穿透。

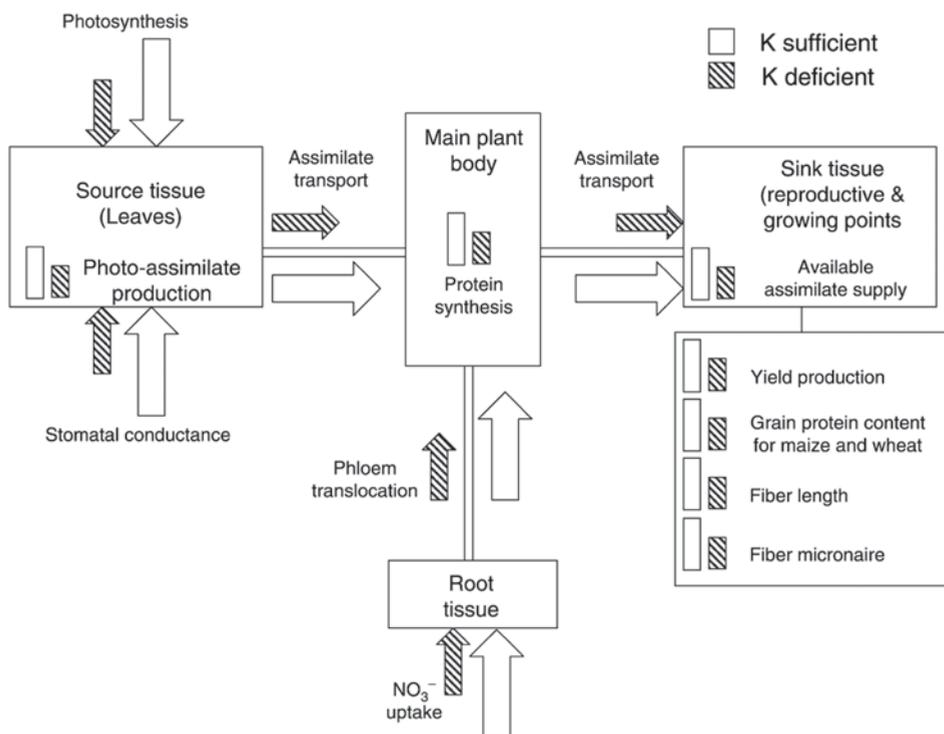
表一、鉀與真菌、細菌、病毒及線蟲等植物病蟲害關係之文章數(Prabhu et al., 2012)

	Decrease	Increase	No Effect	Total
Fungal Diseases	89	33	8	130
Bacterial disease	19	5	NA	24
Virus disease	9	5	3	17
Nematode disease	3	6	1	10

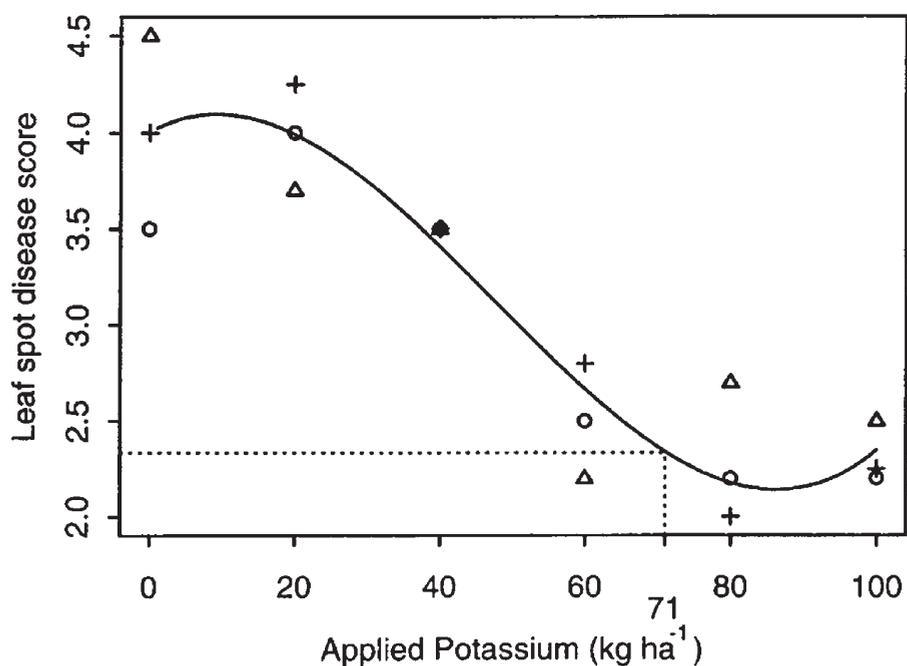
二、不同鉀施用量對早稻熱病抗性及感性品種之產量影響 (Fageria et al., 1990)

K applied (Kg ha-1)	Yield (Kg ha-1) of susceptible cultivars:			Yield (Kg ha-1) of resistant cultivars:		
	Dourado Precoce	IAC 47	IAC 164	CAN 466	CAN 4476	CAN 418
0	622	625	563	2,277	2,118	2,050
25	708	650	647	2,403	2,302	2,183
50	700	647	662	2,285	2,352	2,245
75	716	657	683	2,317	2,368	2,482
100	740	640	675	2,332	2,010	2,447
Linear	*	ns	*	ns	ns	**
Quadratic	ns	ns	ns	ns	ns	ns

元素鉀對植物營養及植物病害的角色均極重要。隨不同植物種類，其適宜之氮鉀比率需加以調整，以合理提供作物養分及降低作物病蟲害的發生，因此，針對個別作物及作物生長期提供適當的鉀同時為植物肥培管理與植物健康管理的重點。



圖一、鉀元素與植物生長及品質的關係 (Pettigrew, 2008)



圖二、鉀肥施用與缺鉀土壤苜蓿葉斑病的關係 (Grewal and Williams, 2002)

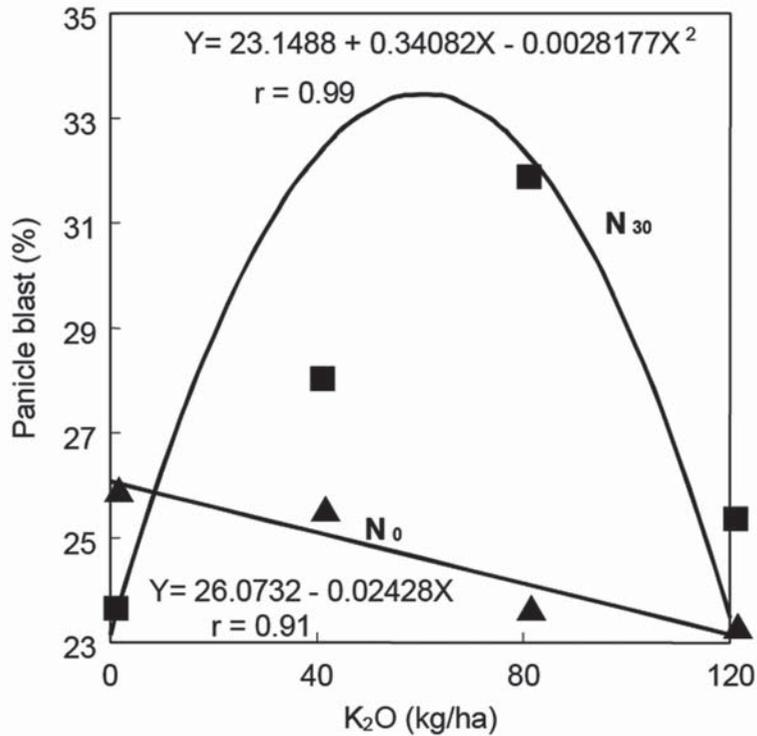


FIG. 1. Effect of potassium fertilization on panicle blast severity at two nitrogen levels in upland rice (N₀: ▲; N₃₀: ■).

圖三、鉀肥施用量對早稻穗熱病的關係 (Prabhu *et al.*, 1999)

參考文獻

1. 潘瑞熾。2006。植物生理學。瑞軒圖書出版社。
2. S. Prabhu, N. K. Fageria, D. M. Huber, F. A. Rodrigues. 2012. Potassium and plant disease. In L. E. Datnoff, W. H. Elmer, D. M. Huber, eds. Mineral Nutrition and Plant Disease. pp. 57-78.
3. H. S. Greval and R. Williams. 2002. Influence of potassium fertilization on leaf to stem ratio, nodulation, herbage yield, leaf drop, and common leaf spot disease of alfafa. *Journal of Plant Nutrition*. 25:781-795.
4. M. Muengula, K. K. Nkongolo, C. Bragard, P. Tshilenge-Djim, S. Winter, A. Kalonji-Mbuyi. Effect of NPK fertilization on cassava mosaic disease (CMD) expression in a sub-Saharan African region. *American Journal of Experimental Agriculture*. 2:336-350.
5. W. T. Pettigrew. 2008. Potassium influence on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Pysiologia Plantarum*. 133:670-681.