

葉面施肥的吸收機制和影響因子

郭雅紋

摘 要

植物除靠根系從土壤中吸收所需的養分外，莖和葉也扮演養分吸收的角色。當植物根系活力衰退，養分吸收能力降低；環境對植物生長不利或影響土壤養分有效性(如水分過多、乾旱、土壤酸鹼值不恰當...等)；或植物已經表現出某些元素缺乏症時，採取葉面施肥，能迅速補充，又不會受限土壤條件，滿足植物生長發育的需要。

養分進入葉肉細胞的過程是葉片對養分吸收利用的關鍵，受諸多因素左右，造成葉面施肥效果不太穩定。水溶養分在葉片角質層的滲透速率及數量受養分離子性質、濃度以及葉片表面性質等因素的影響，不同養分種類的噴施效果與其在植物體內的移動性有關，移動性越強的養分其噴施效果就越明顯；在一定濃度範圍內，水溶養分進入葉片的速率和量隨濃度的增加而增加。不同物種和葉片表、背面因結構、氣孔量等差異，使得對養分的吸收也不同，一般雙子葉植物葉面施肥效果高於單子葉植物，而養分噴施葉背可以提高吸收量。植株生育時期影響葉片對養分的吸收效果，通常物質最大積累時期與吸收效果一致。另，界面活性劑有助對葉面養分吸收作用，當溶液的表面張力降低，水溶養分可經氣孔進入葉肉細胞，利於氣孔途徑養分的吸收，但不同界面活性劑、不同植物的效果不同。

前 言

肥料的使用在糧食產量增加扮演重要角色，在特定條件範圍之內，植物生產量和肥料施用量間存在正相關。植物主要依靠根系吸收養分，而早在 19 世紀，植物葉片可以吸收物質，如氣體、營養元素、農藥等就已獲得證實；隨著螢光、放射性同位素追蹤技術開發，葉面施肥成爲了更準確的科學。葉面施肥是植物施肥的一種「輔助」方式，亦稱爲根外施肥，但不能取代土壤根部施肥的傳統方式。當植物根系活力衰退，養分吸收能力降低；環境對植物生長不利或影響土壤養分

有效性(如水分過多、乾旱、土壤酸鹼值不恰當...等)；或植物已經表現出某些元素缺乏症時，採取葉面施肥比土壤施肥效率高、見效快，且可克服不良環境的影響，迅速滿足植物生長發育的需要。

內 容

植物葉外覆有蠟質層和角質層，具防止水分散失和保護功能，植物葉片與外界進行物質交換可分為氣孔和非氣孔通道。葉面氣孔是養分進入葉片內部的主要途徑(見圖 1)；溶質以非氣孔途徑透過蠟質層、角質層滲透表皮細胞並不容易，尤其是角質層厚的葉片，養分易從葉表流失。一般葉片寬大、蠟質層與角質層薄的植物葉面養分吸收效果好，因此，雙子葉植物葉面施肥效果高於單子葉植物，而因氣孔量差異，養分噴施葉背亦可以提高吸收量。

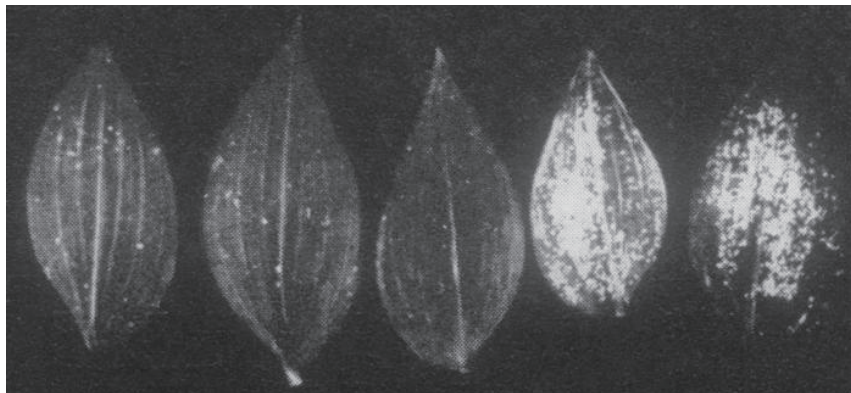


圖 1. 運用螢光染技術觀測蘋果葉養分吸收途徑(Dybing and Currier, 1961)

由左至右：氣孔關閉狀態、對照組、氣孔打開狀態(處理時間：5 分鐘)

養分在葉片角質層的滲透速率及數量與其離子性質、濃度、環境溫度以及葉片表面性質等因素有關，因此，植物對養分的吸收效果受葉片類型、自身營養狀況、生育時期、環境條件、水溶養分性質等諸多因素左右，這也是葉面養分噴施效果不太穩定的原因之一。

養分的葉面噴施效果依賴於植物對養分的吸收與運輸，通常物質最大積累時期與吸收效果一致。葉面施肥特別強調不同元素在植物生育過程中的再分配特徵，不同養分種類的噴施效果與其在植物體內的移動性有關，移動性越強的養分其噴施效果就越明顯，另植物不同生育時期葉面養分利用效率也有很大差異。透

過 ^{15}N 標記研究穀類作物生育期及葉位葉面尿素態氮吸收利用效率發現，小麥同葉位葉面尿素態 ^{15}N 的吸收量在孕穗期明顯高於齊穗期，但在地上部的回收率，則生長後期反而高於前期(表 1)。植物苗期和生長後期，根系吸收能力降低，葉面施肥可以及時補充植物所需的養分，利於植物延遲衰老和增產；而旺盛生長期，植物生長量大，葉片對養分吸收量也大，這一時期補充微量元素效果較好。

表 1. 小麥孕穗期與齊穗期葉面尿素態 ^{15}N 的利用(沈和徐。2001)

處理	孕穗期 Ear bearing (3/25)				齊穗期 full heading (4/27)			
	引入量 ^{15}N input μg/leaf	回收率 N recovery (%)	浸泡葉殘留 Remained in dipping leaf (%)	籽粒分配 ^{15}N in grain (%)	引入量 ^{15}N input μg/leaf	回收率 N recovery (%)	浸泡葉殘留 Remained in dipping leaf (%)	籽粒分配 ^{15}N in grain (%)
Urea- ^{15}N	202.4	54.5	12.9	60.3	168.5	60.0	19.7	64.5
Urea- ^{15}N +KCl	224.5	56.4	11.1	62.3	218.8	65.7	16.9	68.0
Urea- ^{15}N +KH ₂ PO ₄	237.1	58.4	9.9	61.6	223.5	64.9	15.5	68.9

養分的吸收速率與其鹽類的溶解度和吸濕性有很大關係。潮解過程屬於物理溶解過程，不發生化學反應，當相對濕度達到潮解點(point of deliquescence, POD)臨界值後晶體發生潮解，隨著溫度和相對濕度的升高，潮解速度加快，而且有越來越快的趨勢，另潮解點愈低之鹽類表示愈早溶解。鎂鹽的葉面噴施效果是 $\text{MgCl}_2 > \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 > \text{MgSO}_4$ ，這與其溶解性和吸濕性的差異完全一致。可見，葉面施肥應選擇合適的養分形態，以達最佳噴施效果。

過去認為，純淨的水是無法進入氣孔，除非界面活化劑將表面張力降至 30 mNm^{-1} 以下。界面活性劑通過在氣液兩相界面降低水的表面張力，可增加液體在葉面的附著性，延長滯留時間，使水溶養分經氣孔進葉肉細胞，促進養分吸收。簡言之，界面活性劑的添加將利於氣孔途徑養分的吸收，對非氣孔途徑養分的吸收效果不明顯。每一界面活性劑對溶液表面張力的降低能力不一樣，對不同植物葉面養分吸收的促進效果亦可能不同(表 2)，使用不當甚至會引起葉面傷害；因此，選擇合適的界面活性劑是非常重要的。

表 2. 界面活性劑(VATSOL)濃度對葉片養分吸收影響 (Dybing and Currier, 1961)

plant	Stomatal aperture	Photometer reading (av. of 5 leaves)				
		Surfactant conc. (%)				
		0	0.01	0.05	0.1	0.5
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (trifoliolate leaf)	open	...	3	1	4	49
	closed	...	3	7	3	6
<i>Vicia faba</i> L.	open	2	0	0	80	443
	closed	0	1	8	6	13
<i>Prunus armeniaca</i> L.	open	8	12	146	171	203
	closed	0	0	2	3	2
<i>Pyrus communis</i> L.	open	0	4	110	218	267
	closed	0	1	3	11	32
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	open	0	0	9	22	70
	closed	3	3	1	1	1
<i>Sorghumit halepense</i> (L.) Pers.	open	0	8	8	5	132
	closed	0	0	0	0	0
<i>Lactuca scariola</i> L.	open	1	0	13	124	136
	closed	4	7	1	4	15
<i>Vinca major</i> L.	open	4	2	5	19	118
	closed	4	4	3	8	9
<i>Chenopodium album</i> L.	open	32	24	25	36	77
	closed	1	0	8	1	0
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	open	4	3	0	2	129
	closed	0	0	4	3	2

結 語

葉面施肥提高了肥料的利用率，特別是針對微量元素，但其易受環境條件影響，也因植物種類和生育期不同，效果差異較大。葉面施肥需與土壤施肥相結合應用於農作生產才具增產或提高品質效果，因為根部比葉有更完善的吸收系統，因此葉面施肥不能完全替代植物的根部施肥。

參考文獻

1. 沈其榮、徐國華 2001 小麥和玉米葉面標記尿素態¹⁵N的吸收和運輸 土壤學報 38 (1): 67-74。
2. 李燕婷、李秀英、肖豔、趙秉強、王麗霞 2009 葉面肥的營養機理及應用研究進展 中國農業科學 42(1): 162-172。
3. Bukovac, M. J. and S. H. Wittwer. 1957. Absorption and Mobility of Foliar Applied Nutrients. *Plant Physiol.* 32(5): 428-435.
4. Dybing, C. Dean and H. B. Currier. 1961. Foliar penetration by chemicals. *Plant Physiol.* 36(2): 169-174.
5. Fernández, V. and T. Eichert. 2009. Uptake of Hydrophilic Solutes Through Plant Leaves: Current State of Knowledge and Perspectives of Foliar Fertilization. *Plant Science* 28: 36-68.
6. Karbulková, J., L. Schreiber, P. Macek, and J. Šantrůček. 2008. Differences between water permeability of stomatous and stomatous cuticular membranes: effects of air humidity in two species of contrasting drought-resistance strategy. *Journal of Experimental Botany*, 59(14): 3987-3995.
7. Koontz, H. and O. Biddulph. 1957. Factors Affecting Absorption and Translocation of Foliar Applied Phosphorus. *Plant Physiol.* 32(5): 463-470.
8. Reickenberg, R. L. and M. P. Pritts. 1996. Dynamics of nutrient uptake from foliar fertilizers in red raspberry (*Rubus idaeus* L.). *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121(1): 158-163.
9. Wilson, A. M. and Cyrus M. McKell. 1961. Effect of soil moisture stress on absorption and translocation of phosphorus applied to leaves of sunflower. *Plant Physiol.* 36(6): 762-765.