

掌握水稻營養元素的診斷技巧

文、圖/ 連苡廷

水稻的栽培管理中，營養元素的平衡對水稻的生長、抗病能力、產量和品質皆有顯著影響。了解不同營養元素在作物體內扮演的功能，並且能夠掌握植株生長異常時，與哪些營養元素過剩或稀缺存在關聯，有助於診斷營養問題，進而採取正確的補救措施，優化田間管理，提高水稻的生產力。

水稻必需的營養元素種類

作物生長必需的營養元素有16種，其中有9種大量營養元素分別占作物乾物重之0.1%以上，包含碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂及硫等。另有7種微量營養元素，包含鐵、硼、錳、銅、鋅、鉬及氯等，分別含量占作物乾物重之0.1%以下，最低的僅有0.1mg/kg。此外，矽有助於強化禾本科作物的生長，

及增強抗病性與耐逆性，為水稻的有益元素。

(一) 植體營養元素

作物營養元素濃度的變化與作物生長關係密切。一般而言，作物出現營養缺乏徵狀時，隨著營養元素的增加，作物生長最大值的百分比也隨之增加(圖1中藍色曲線)；營養充足區屬作物最適生長的範圍，有助於作物達到最佳生長狀況；當元素達到毒害濃度之上為營養毒害區，作物會開始出現過剩的徵狀，且減弱作物的生長。

(二) 土壤營養元素

土壤中營養元素的供應狀況，取決於土壤成土因子、土壤pH值及施肥情形。其中，成土因子中土壤的母質來源、成土過程主要影響養分的天然含量，例如，石灰質土易導致鋅、錳、鐵、銅的缺乏，紅壤易缺乏鎂、硼、鉬等。土壤pH值則影響元素的有效性，例如鹼性土壤可能導致鋅、鐵、錳等元素缺乏；酸性土壤則易導致磷、鈣、鎂、鉬等元素的缺乏，及鐵、錳的過剩。必要時可藉由施用土壤改良劑調整pH值，以改善土壤元素的可吸收性。施肥方面，營養元素之間存在協同作用及拮抗作用，特定元素施加過量時會影響其他元素的有效性，例如鉀過量會抑制鈣和鎂的吸收，磷肥過量則抑制鋅和鐵吸收等(圖2)。

水稻常見的營養元素影響徵狀

當營養元素出現缺乏或過剩的徵狀

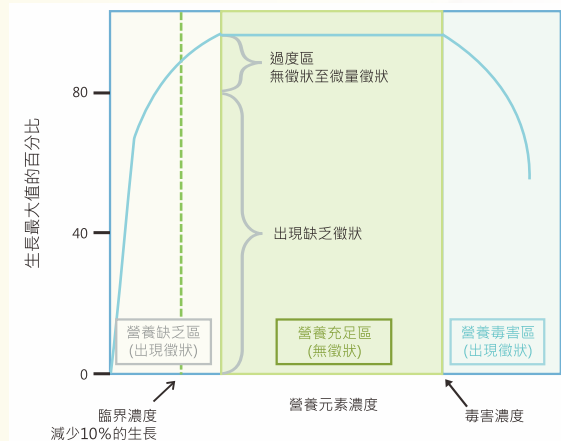


圖1. 作物生長對組織中營養元素濃度變化的關係。營養缺乏區作物出現營養缺乏徵狀，隨著營養元素的增加，作物生長最大值的百分比也隨之增加；營養充足區屬作物最適生長的範圍；營養毒害區作物會開始出現過剩的徵狀且減弱生長(引用自Miller, 2014)。

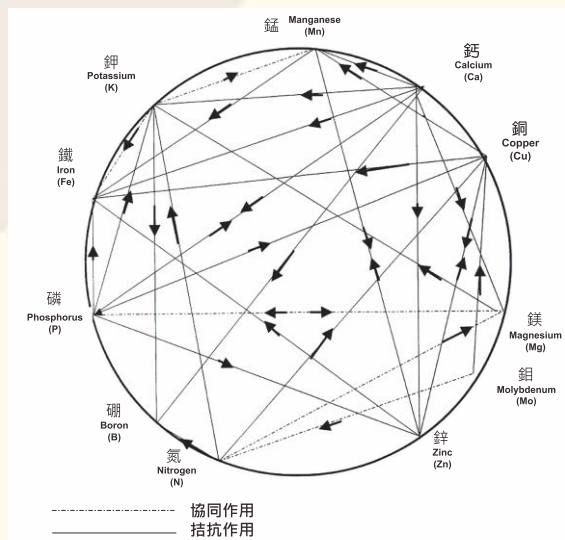


圖2. Mulder's chart呈現植物營養元素之間的交互作用。實線表示拮抗作用，某種元素含量增加時，會干擾其他元素的可用性和吸收。虛線表示協同作用，某種元素含量增加時，會增加對其他元素的需求(引用自Mulder,1953)。

時，會依據元素在水稻體內的功能及移動性的高低，影響出現徵狀的部位。依水稻常見的營養元素在植物體內之移動性高低，可分為下列兩類進行診斷：

(一)移動性較高之元素，缺乏徵狀易先出現於下方老葉者，包含氮、磷、鉀及鎂等。

1. 氮(N)：負責促進植株的生長及蛋白質合成。當氮肥施用不足、粗質地土壤保肥力差時，會發生氮缺乏的徵狀。氮缺乏會導致葉綠素含量降低，由水稻下位老葉先開始黃化，葉片變小，分蘗減少，主根變長且側根減少，生長衰退使植株矮小，也會提早抽穗，產量降低。當使用過量氮肥導致氮過量時，因葉綠素含量增多使葉色變濃綠，莖葉茂盛，無效分蘗也增多，節間拉長易導致倒伏，也易引發稻熱病等病

蟲害；造成抽穗延遲、穗數減少，使產量及品質均變差，也易造成土壤酸化。氮缺乏建議參考葉色板補充足量氮肥，有機栽培可多施用腐熟的有機質肥料；氮過量建議曬田減少氮肥的吸收。

2. 磷(P)：對能量傳遞和生殖生長至關重要。當土壤母質為紅土及黑土，土壤pH值過高，或施用過多鋅肥時，皆可能導致磷的缺乏。磷缺乏時，水稻分蘗能力減弱，根系發育不良，下位老葉先出現深綠、偏紫色，植株生長變緩，穀粒變小且青米及死米增加，進而影響食味品質。然而，磷過量通常對水稻影響較小，但會抑制鋅的吸收。磷缺乏改善方法可根據土壤肥力分析結果調整磷肥施用量，土壤pH值過高可施用土壤改良劑調整。

3. 鉀(K)：主要影響水稻的抗逆性和水分調控。當土壤屬砂質或有機質含量少，會使鉀吸附力低落，土壤過乾或溫度過低，土壤浸水而通氣不良，或土壤中量氮、鈣或鎂含量較高時，皆可能使鉀吸收受阻導致缺乏。鉀不足時，水稻下位老葉的葉脈間及葉片邊緣首先出現黃化，逐漸擴散到整片葉，並出現葉尖焦枯的現象，植株矮小，根系發育不良，並增加病害風險，如稻熱病及胡麻葉枯病等(圖3)，也會提早抽穗。鉀過量時，會抑制鈣和鎂的吸收，導致營養不平衡。鉀缺乏建議砂質土壤少量多施鉀肥，排水不良田應設法改善排水設施以利鉀的吸收。

4. 鎂(Mg)：酸性土壤或石灰質土壤含鎂量較低，或是鉀肥施加過多



圖3. 缺鉀(左圖)及缺鎂(右圖) 圖4. 水稻鐵過量時下位葉徵狀(引用自要素障害診斷事典)

時，會導致鎂的缺乏。鎂不足時，水稻老葉葉脈之間會出現黃化(圖3)，抽穗延遲，穀粒充實不良。而鎂過量較為罕見，但若出現則可能影響鈣和鉀的吸收。缺鎂的酸性土壤建議施用苦土石灰調整土壤pH值，非酸性土壤補充施用硫酸鎂。

(二)移動性較低之元素，缺乏徵狀易先出現於新葉者，包含鐵、錳及鋅等。

1. 鐵(Fe)：當土壤pH值過高時會降低鐵的有效性，鐵缺乏時，新葉黃化至白化，嚴重時，心葉停止生長，無法抽穗。鐵過量時，水稻下位葉先出現赤褐色斑點，出現窒息病的徵狀，病斑逐漸擴及上位葉片，根系發黑，嚴重時可導致根系壞死(圖4)。缺鐵的改善方法，若土壤pH值過高應施硫磺以中和土壤鹼度，提高鐵的有效性。
2. 錳(Mn)：水稻錳的缺乏較少見，土壤pH值過高時會降低錳的有效性。當錳缺乏時，植株生長受限，葉脈間黃化，徵狀與缺鐵相似，但

葉脈周邊殘留之綠色較缺鐵者明顯。錳過量時，下位葉先出現褐色斑點，葉尖焦枯捲曲，分蘖減少，根系生長變差。缺錳的改善方法參見缺鐵之建議。

3. 鋅(Zn)：當土壤pH值過高，會降低鋅的有效性，若土溫偏低會加重鋅的缺乏。鋅缺乏時，新葉黃化，之後出現赤褐色細微斑點，最後葉片枯死，植株矮小，影響分蘖和產量。鋅的過量較為少見，鋅過量會降低植物吸收磷及鐵的能力，可能出現這些元素缺乏之徵狀。缺鋅改善方法建議插秧前撒施氧化鋅30-50公斤/公頃，或將秧苗根部浸入2%氧化鋅液後再插秧。

總結

水稻的健康生長仰賴各種營養元素的平衡，營養障礙不僅會造成水稻外觀的異常，還會降低產量和品質。藉由參照以上診斷技巧觀察葉片與根系狀況，有助於農民事先掌握水稻常見營養元素的缺乏和過剩徵狀，再通過田間管理來預防及改善，如定期土壤檢測和精準施肥等，進而達到提升水稻的抗逆境能力和增加產量的效果。

參考資料

1. 清水武。1990。要素障害診斷事典。農山漁村文化協會。
2. Miller, A. J. 2014. Plant mineral nutrition. eLS. John Wiley & Sons, Chichester.
3. Mulder, D. 1953. Les elements mineurs en culture fruitière. In Proceedings of the Convegno Nazionale Frutticoltura, Montana de Saint Vincent. pp. 98-118 (In French).