

# 綠肥或前作物殘體掩埋後醱酵不完全對水稻之危害

## Injury of Incomplete Fermentation from Burying of Green Manures or Previous Crop Residues to The Growth of Paddy Rice

### 一、前言

水稻為臺灣最主要農作物，一年可以種植二期，合計栽培面積約三十六萬公頃。近來由於國民消費型態顯著的改變，稻米消費量劇減，發生生產過剩現象，政府推行稻田轉作政策，獎勵休耕補助轉作綠肥作物，以培養地力為其中重要措施。

綠肥作物之植體為高效性之有機質肥料，於開花盛期或生長茂盛時期，將新鮮植體翻犁埋入土壤中，藉著土壤微生物分解其中易分解之殘體，礦質化並釋放出養分。由於其含大量不易分解之纖維素、木質素，可增加土壤有機物，為長期保育土壤肥力及維持農業永續生產力之耕作方式，但於種植後作物時，所施肥料用量，應將綠肥殘體所釋放養分扣除，以免施肥過多，而造成後作物營養過剩，並易造成病蟲危害<sup>(5)</sup>。

另外，每生產稻穀1公斤，會同時伴隨大約1公斤的稻草產生，稻草可做為飼料、燃料、褥草以及覆蓋、防風牆、繩索或蓆之材料，惟因目前收集工資昂貴，取代物品價廉普遍，稻草之用途大減。為任意棄

置田間，常妨礙下期作栽培田間整地。因此每逢水稻收穫時，農民大都會藉著水稻聯合收穫機，順便將稻草於田間就地切斷，以便日後曬乾，放火焚燒，以為下次耕作時，便於曳引機或耕耘機之操作此種現象於第一期稻收穫時最容易看到。燃燒稻草，易造成空氣污染，減低能見度，「空氣污染防治法」亦有明文規定嚴罰，故應予禁止。但若不將稻草就地焚燒，直接犁入田間，醱酵期間短，易使二期稻生育初期，遭受相當程度的不良影響，水稻植株黃化甚至死亡，因此，有待詳細探討改進之必要<sup>(6)</sup>。

現行耕作制度有水稻二期稻及前期種植綠肥作物，無論是水稻殘體（稻草、稻殼）或綠肥掩施均需經過完全醱酵始能插秧，避免造成植株危害。

### 二、危害徵狀

綠肥或前作物殘株直接掩埋後，其所含豐富之有機物於田間開始腐爛醱酵，發生微生物的氮素固定作用（俗稱搶氮作用），造成水稻缺氮黃化的現象，而微生物活動所產生的高溫及厭氣醱酵所產生的甲



圖一：水稻植株之缺鋅徵狀。(黃瑞彰)



圖二：水稻植株之缺鋅徵狀。(黃瑞彰)

烷、硫化氫等氣體對水稻生育均有不良的影響，會導致水稻嚴重減產<sup>(6)</sup>。

當土壤浸水後溶解的氧被好氧微生物快速消耗，一些嫌氧性微生物以無氧呼吸方式(anaerobic respiration)維持在土壤中的生理代謝作用。牠們用氧化土壤成分當作電子接受者(electron acceptor)來接受電子，其程序如下：

- (一)硝酸鹽(nitrate)被還原成氣態氮。
- (二)錳和鐵氧化物被當作電子接受者，還原產生 $Mn^{2+}$ ， $Fe^{2+}$ 。
- (三)有機物發酵為短鏈性有機酸，如醋酸、丙酸、丁酸等。
- (四)在鐵化合物被還原後，有機物和硫酸被用來當作電子接受者。

結果硝酸鹽自土壤中消失，同時累積一些植物毒素(phytotoxic)物質如硫化氫

( $H_2S$ )及高濃度可溶性的 $Mn^{2+}$ ， $Fe^{2+}$ 離子；土壤有機物亦能釋出多種具有毒性的化合物，特別是羧酸(carboxylic acid)及一些氣態生長調節素如乙烯等，其釋出可能傷害植物的生長<sup>(3,7,8,10)</sup>。茲分別將其病徵敘述如下：

- 1.鐵過剩：最初棕色斑點出現於下方葉片的尖端，漸擴及葉片的基部，並在葉脈間結合。上葉仍是綠色，但嚴重時整株葉片呈暗棕色<sup>(5,8,12,13,15)</sup>。
- 2.錳過剩：棕色斑點發生於下方葉片的葉脈及葉鞘上。分蘖少，生長受阻<sup>(5)</sup>。
- 3.有機酸為害：這些具有毒性的化合物，很快累積在植物細胞內，破壞細胞構造，而造成細胞的死亡，特別是乙醇具有高度油脂溶解力，能夠破壞細胞膜及胞器的膜層構造，阻害根群的養分吸收或造



圖三：水稻植株缺鋅延遲成熟。(黃瑞彰)



圖四：水稻不同的浸水狀態和缺鋅的關係。(黃瑞彰)

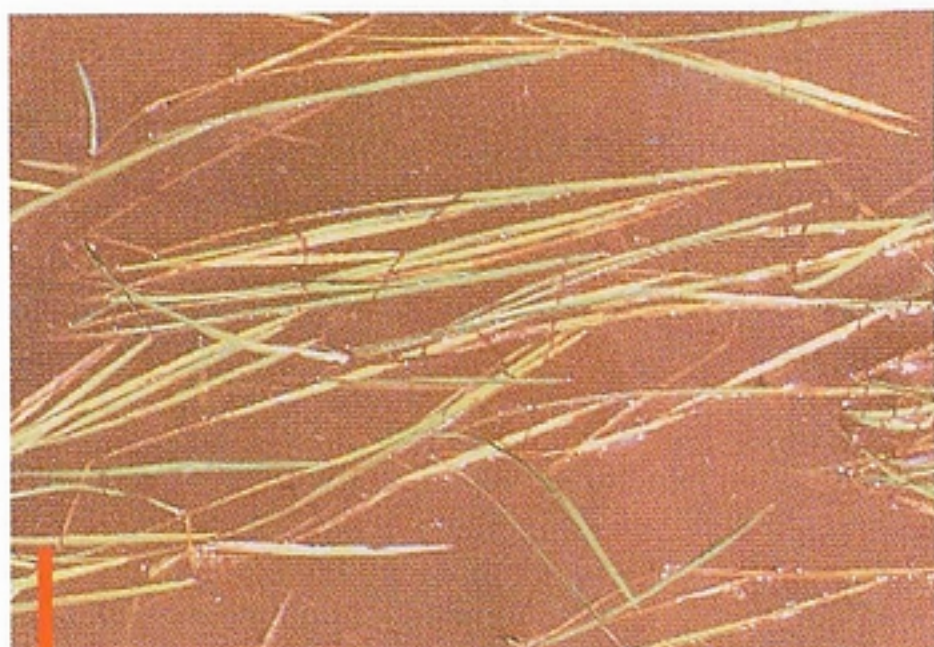
成根的腐爛。通常是在苗期或分蘖初期，大約在定植後20天左右顯現徵狀。植株生長緩慢，葉部初期為暗綠色但快速黃化，根變得短而粗厚，根毛較正常植株少。在含大量有機質土壤中植株死亡嚴重，中量有機質土壤，則阻礙植株生長，導致稻穀產量降低<sup>(15)</sup>。

4. 硫化氫毒害：首先發生在根部，顏色從白色或輕微棕色至黑色，黑色是根表面覆蓋鐵所致，在毒害早期可被擦掉，後期整個根變為黑色和開始惡化。地上部首先沿老葉的邊緣出現不規則灰色斑，緊接著發生在較年輕的葉片，葉片捲縮並由頂端而下逐漸變成棕色，植株在 $H_2S$ 毒害提高期葉片萎縮，如受乾旱逆境，產生不孕花序和不稔實或兩者一起出現<sup>(5,15)</sup>。

5. 當鐵過剩時會降低水稻植株對鋅之吸收，導致缺鋅。水稻缺鋅時幼苗倒伏葉片褪色，下方葉片常有微細銹點，延緩水稻植株成熟。不同浸水狀態影響程度亦不同，通常最嚴重之徵狀發生在較長時間之浸水狀態<sup>(11,15)</sup> (圖一至圖六)。

### 三、發生生態

- (一) 高 $Fe^{2+}$ 濃度導致葉綠體減少，葉綠體基粒(色素粒)大小和數目均降低，水稻鐵毒害是複合的養分逆境，經常伴隨鈣和鎂缺乏，導致光合作用及細胞數目降低<sup>(12)</sup>。
- (二) 過量的錳增加IAA氧化酵素(IAA oxidase)而破壞生長素(auxin)，結果造成氨基酸的不平衡，且導致細胞數目及體積的減少，及減少根、葉之乾重。另



圖五：水稻葉片之缺鋅徵狀。（黃瑞彰）



圖六：水稻幼苗之缺鋅徵狀。（黃瑞彰）

有報告指出在錳含量過多的組織中由於 auxin 活性低，因此 IAA 促進質子流出（proton efflux pump）作用受到抑制，結果抑制細胞壁伸長，細胞壁形成帶負電荷；除外 Ca 的運轉亦受限制<sup>(3,9)</sup>。

(三) 硫化氫可破壞稻根的氧化能力和抑制呼吸作用，故阻礙各種元素的吸收，如磷、鉀、矽、鉍、錳等，但鎂和鈣不太受抑制，致水稻發生缺乏鉀、矽及錳，而鉀、矽及錳的含量與稻田胡麻葉枯病的罹病程度有極顯著的負相關，因此稻田易發生胡麻葉枯病<sup>(2,15)</sup>。

離子毒害發生時，植物在單獨鹽分溶液中所受的傷害較在混合離子溶液中為大。事實上，某一特別離子毒害作用常因其他離子的存在而消失或減少，這主要是因為離子之間發生拮抗作用。過量的錳會誘致缺鐵的現象，鐵則會減低作物對錳的

吸收，故鐵和錳之比例對錳之吸收具有拮抗作用。許多證據顯示矽可以減輕植物對錳的毒害。國外學者研究指出水稻供給矽後則可增加對錳之氧化力，減少植物對錳和鐵之過量吸收。

離子之間除了有拮抗作用減少傷害外，有時亦因其他離子的存在減少毒害離子吸收，運轉亦相對地減少傷害。例如植物在缺氮時，鐵之輸導速率降低，但缺乏鎂、錳、鉀和鈣時，鐵之輸導速率較高，故作物在缺鎂、錳、鉀和鈣時易遭受鐵的毒害。另有學者建議施氮、磷、鉀、鈣和鎂肥料促進鐵排出根外或由根排出，導致根組織有較低的鐵<sup>(3,15)</sup>。

#### 四、改善方法

綠肥作物之植體為高效性之有機質肥料，一般以直接翻犁掩埋入土中，惟掩施



圖七：水稻田紅銹現象。(黃瑞彰)

時應注意下列各點<sup>(2,11,15)</sup>：

- (一) 掩埋生草量應視土壤性質來決定，砂壤土有機物分解較為迅速，用量可多，粘土通氣較差則不宜過多，因其分解遲緩，易起還原作用，產生有害物質，多又易累積，對作物生長不利。
- (二) 掩埋前作殘體時，調整碳氮比至30，即可考慮施用氮素化學肥料，減少奪氮情形發生之不良現象。
- (三) 前作物殘株如稻草、稻殼等因含纖維素及木質素可作成堆肥再施用至田區。
- (四) 綠肥作物掩施土中之最佳時期，為開花盛期，此時期含氮量最多，且莖葉柔嫩多汁，易分解。
- (五) 綠肥植體分解時加施石灰中和酸性，促進分解之效果。
- (六) 綠肥植體耕犁掩埋深度愈深，對作物根系發育愈有利。
- (七) 綠肥植體掩施後須經15~20天以上的分解，才可種植栽培其他作物。
- (八) 綠肥植體掩施後殘體分解醱酵，產生發酵熱對後作綠肥植體掩施作物根部生長不利，一般在第一期水稻插秧前15-20天掩埋，使綠肥殘體能充分醱酵分解，以利後作物之吸收利用。
- (九) 種植綠肥作物之田區，其後作物應視生長情形酌量減少氮肥用量，尤其後作為水稻時，基肥中的氮肥應視綠肥生草量多寡酌量減施，以免氮肥過量而引起倒伏，抗病性減弱現象。
- (十) 在酸性排水不良，有機質多的淺層稻田如有紅銹泉存在（圖七）即表示田面存有大量的鐵素，此種情況下易使水稻吸收過量的亞鐵離子而發生毒害，易誘發錳的缺乏而往往導致胡麻葉枯病的發生，其改善方法為增施鉀肥及施用矽酸爐渣2-3公噸/公頃，並行葉面噴施33% 鋅錳乃浦水懸粉劑400倍液。如果沒有紅銹泉現象而土壤含有高濃度的亞錳離子時，為避免發生錳過剩毒害，除增施鉀肥外可施用鈣質資材如矽酸爐渣、白雲石粉。
- (十一) 為了提高土壤氧化電位可考慮客土加入含有多量 $Fe^{3+}$ 如氧化鐵( $Fe_2O_3$ )成分者當氧化劑。

- (十二)少用含有 $\text{SO}_4^{2-}$ 根基之肥料，如硫酸銨、硫酸鉀、過磷酸鈣等。
- (十三)最有效方法為實施間歇性輪灌之水分管理，落實生育中期排水以供應氧氣。

### 五、引用文獻

- 1.王銀波。1988。植物營養學。pp.189-217。國立中興大學教務處出版組印。
- 2.臺灣農家要覽 農作篇（一）。1995。pp.335-348。財團法人豐年社出版。
- 3.朱德民。1990。植物與環境逆境。pp.265-298。國立編譯館。臺北。
- 4.連深。2000。作物營養障礙徵狀。pp.60-65。作物需肥診斷。行政院農業委員會農業試驗所編印。
- 5.賴文龍。2000。綠肥與輪作。菠菜綜合管理。楊秀珠主編。德基水庫集水區第四期整體治理規劃肥料農藥使用管理之研究與推廣技術專刊第5：25-30。
- 6.廖乾華。2001。露天堆肥技術。pp9-12。桃園區農業專訊35期。桃園區農業改良場編印。
- 7.Genon, J. G., Hepcee, N. D., Delvaux, B., Dufey, J. E. and Hennebert, P. A. 1994. Redox conditions and iron chemistry in highland swamps of Burundi. Plant and Soil 166 : 165-171.
- 8.Genon, J. G., Hepcee N. de, Dufey J. E., Delvaux B. and Hennebert P. A.. 1994. Iron toxicity and other chemical soil constraints to rice in highland swamps of Burundi. Plant and Soil 166 : 109-115.
- 9.Horiguchi ,T. 1988. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants. effects of silicon on alleviating manganese toxicity of rice plants. Soil Sci. Plant Nutr., 34 : 65-73.
- 10.Jan G. and Witold S. 1985. Soil aeration and its role for plants. CRC Press Inc.
- 11.Moormann ,F. R. and Breemen ,N. V. 1978. Rice : Soil, Water, Land. IRRI.
- 12.Moore, P. A. and Patrick,W. H. 1989. Iron availability and uptake by rice in acid sulfate soils. Soil Sci. Soc. AM. J., Vol 53 : 471-476.
- 13.Sistani,K.R., Reddy,K. C., Kanyika,W. and Savant,N. K. 1998. Integration of rice crop residue into sustainable rice production system. Jour. Plant Nutr., 21 : 1855-1866.
- 14.Soon,Y. K.. 1985. Soil nutrient availability chemistry and concepts, Chapter 3, 4, 12, 13, 18, 20, 24, 27, 28. Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- 15.Webster, R. K. and Gunnell, P. S. 1992. Compendium of Rice Diseases. Busch Agricultural Resources, Inc.

（作者：黃山內、黃瑞彰）