

水稻生長期間土壤中銨態氮素及 亞鐵的變化

黃東邁 李錫涇

(華東農業科學研究所)

水稻土在我國耕地面積中分佈至廣，由於它是在長期灌水情況下發育的，因此土壤特性與養分變化和一般旱地不同。著者曾於1954年在江蘇丹陽練湖農場初步測定水稻土中銨態氮素及亞鐵在水稻生長過程中的變化情況，現將所得結果整理於下，以供讀者參考和指正。

一. 土壤情況和工作方法

練湖農場的土壤為粘重湖泊沉積物所生成，土壤在未興墾前的植被大部是莎草科及澤瀉科的水生草類。解放後，開始墾植，大面積栽種水稻。目前耕層土壤含有機質2—2.7%，全氮0.15—0.18%，表土酸度在乾時pH5—6，灌水後升高為pH6—7。練湖農場的水稻土屬於太湖平原上，發育於湖積物的水稻土，並具有一定的代表性。因墾植不久，利用年限甚短，故施肥較少，而地力均勻。

在練湖農場中，選定四塊典型田。各塊典型田的前作和栽培方法都具有不同的代表性：

1號田：前作為紫雲英，移植栽種水稻，利用前作綠肥為基肥，每畝用量2,500斤，未施追肥。

2號田：前期休閒，移植栽種水稻，每畝施河泥100擔作基肥，未施追肥。

3號田：前作為紫雲英，機耕旱直播栽種水稻，基肥和1號田相同，在6月21日每畝另施腐熟棉仁餅30斤作追肥。

4號田：前期休閒，機耕旱直播栽種水稻，每畝施河泥130擔作基肥，自7月20日以後，每畝施用追肥五次，計用棉仁餅35斤，骨粉26斤，硫酸銨18斤，馬糞120斤，霉大豆18斤。

先在各典型田內固定樣區，每塊樣區的面積為 10 平方米，一切耕作施肥悉同該場的大田管理。在樣區內每隔 7—10 天採樣進行分析，採土方法係以半圓筒式的水田採土器進行多點混合取樣，樣品力求均勻，取樣深度分 0—5 厘米及 5—15 厘米兩層，都為稻根主要分佈區域。從幼苗至黃熟階段的水稻生長過程中連續進行採樣和分析。

本文中所用的 NH_4^+ 慣銨和亞鐵的測定方法是以 10% NaCl 溶液浸提，土與溶液的比例為 1:5，浸出液分別以納氏試劑和 $\alpha-\alpha'$ 双吡啶 ($\alpha-\alpha'$ -dipyridyl) 試劑進行氮和亞鐵的比色測定。 NO_3^- 慣氮則用水浸提，土、水比仍為 1:5，然後以酚二磺酸 (phenol-disulfonic acid) 法進行比色測定。

二. 結果

本文研究對象較多，包括水稻田的前作（前作綠肥及前期休閒）、水稻栽培方法（旱直播與移栽）和不同的大田灌排管理耕作方法及施肥情況。因此四塊田中有其特有的變化，但也有共同的一般規律。各試田中 $\text{NH}_4^-\text{-N}$ 及 Fe^{++} 的動態可歸納為下列五項：

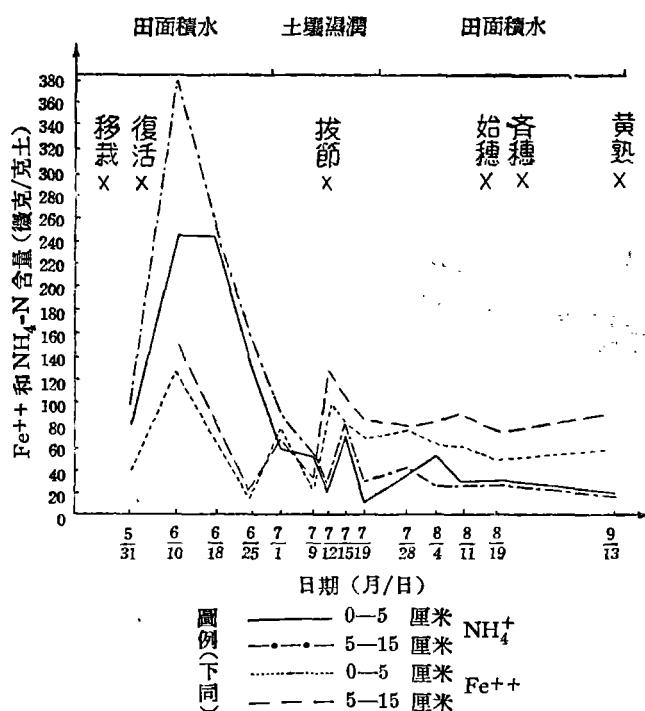
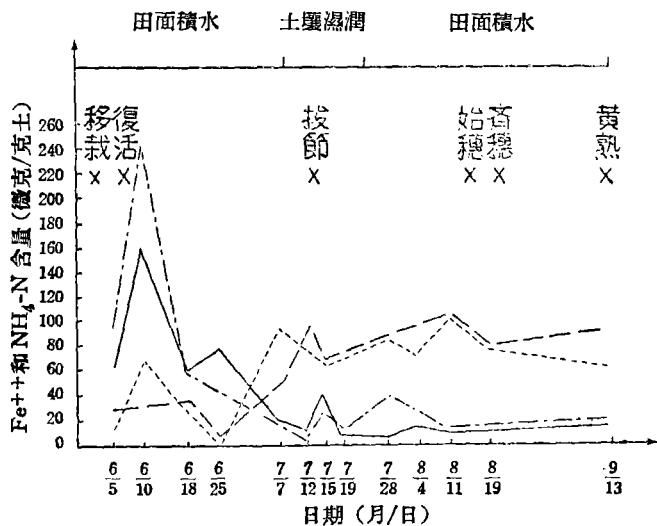
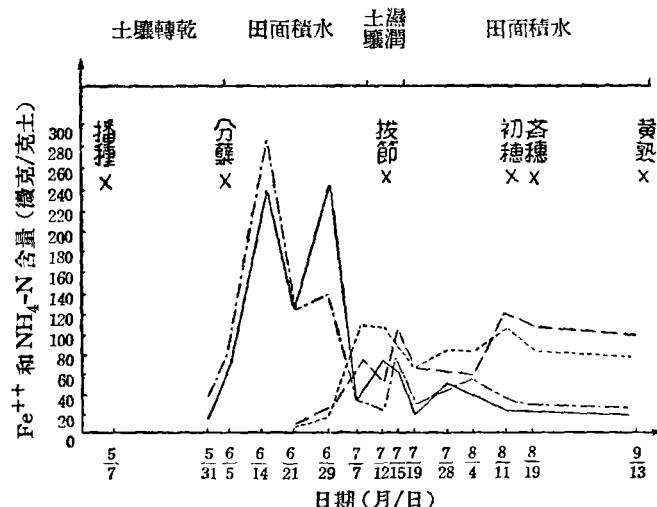


圖 1. 前作綠肥的移栽水稻田中 NH_4^+ 及 Fe^{++} 的變化情況 (1 号田)

圖 2. 前期休閒的移栽水稻田中 NH_4^+ 及 Fe^{++} 的變化情況 (2 号田)圖 3. 前作綠肥的旱直播水稻田中 NH_4^+ 及 Fe^{++} 的變化情況 (3 号田)

(1) 前作綠肥或前期休閒的移栽水稻田，在初灌以後，土壤保持水層，耕層土壤內的銨態氮素始能穩定並增高，以供水稻利用(圖 1, 2)。在水稻分蘖期間，土壤內 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的含量最高，因基肥的不同，氮素肥效也不一致。施用綠肥的水稻田， $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量顯著高於施用河泥的水稻田，同時綠肥中氮素肥力的維持時間也比河泥長久。

(2) 休閒直播田在初灌以後，又長期落乾，使土壤水分降低至飽和含水量以下。由於初灌後所引起增高的銨態氮素又驟然下降，其後在整個落乾期間的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 素極

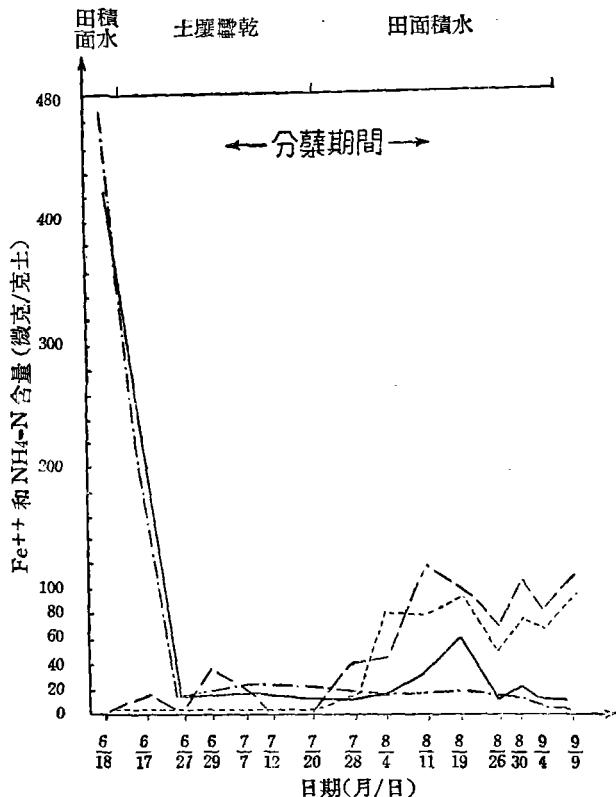


圖 4. 前作休閒的旱直播水稻田中 NH_4^+ 及 Fe^{++} 的變化情況(4號田)

少，後期經灌水並追施肥料，亦不能引起 $\text{NH}_4\text{-N}$ 素的顯著增加(圖 4)。

(3) 以綠肥為基肥的旱直播水稻田(圖 3)，在灌水以前的落乾情況下， $\text{NH}_4\text{-N}$ 素含量很低，但灌水後則迅速引起 $\text{NH}_4\text{-N}$ 素大量上升。

(4) 所得結果一致說明，在普通施肥情況下，水稻拔節以後開始形成幼穗期間，土壤中銨態氮素的含量共同表現了顯著缺少的趨勢。

(5) 亞鐵的變化與灌排有密切關係，土壤在乾燥狀態下，表土亞鐵消失，在灌水後並保持水層時，亞鐵在數日內即增高，其後在長期灌水情況下，在一定含量範圍內，變異較小。

三. 結果討論

從前述結果中看出，作為水稻主要養分的銨態氮素，只有在田面保持一定水層下始能穩定或增高，放水落乾後，銨態氮素極少。因此，土壤中速效性氮素形態的轉化

与水分的灌排有密切關係，這一情況可於表 1 中見到。

表 1 灌水前後土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的變化

地點	深度(厘米)	$\text{NH}_4\text{-N}$ 含量(微克/克土)		$\text{NO}_3\text{-N}$ 含量(微克/克土)	
		灌水前	灌水後四天	灌水前	灌水後四天
練湖農場	0—5	10	67.5	6	痕跡
	5—15	30	90	6	痕跡
練湖農場	0—5	15	52.5	3	痕跡
	5—15	20	67.5	—	—

由表 1 可知，旱地中速效性氮素以硝酸態為主，灌水後 NO_3 很快的轉化，在灌水情況下，土壤呈還原狀態而進行氨化作用，銨態氮素便迅速增加。這一情況也表明了土壤中氮素形態的轉化主要決定於土壤內部的氧化還原程度，在水稻土中，表土 1—2 毫米處的土壤呈氧化狀態，而其下的耕層土壤在長期灌水影響下已呈高度還原^[1]。因此，氧化層中氮素主要呈硝酸態存在，而還原層中的氮素則以銨態為主^[2]。但是，這一情況主要是由人工的灌溉所引起的，在水稻栽培過程中，根據作物的需要及不同的栽培經驗，各種灌排措施及田間水分乾濕的管理(如表 2 所示)，直接影響了土壤中氧化還原狀態的變異，也支配了土壤中速效性氮素形態及其他元素的變化。

表 2 不同水分灌排情況對土壤氧化還原的影響

日(月/日)期	水 分(%)	$\text{Eh} (\text{mv})^*$	土壤情況
8/26	灌水	45	長期灌水後土壤呈還原狀態
8/28	57	250	排水後土壤落乾
8/30	35.4	520	表層結殼，並有細紋網狀龜裂
8/31	32.7	575	表層呈粗紋網狀龜裂
9/2	灌水	425	有水層
9/4	灌水	350	有水層

* 在 0—3 厘米土層中測定。

從前列各典型田所得結果，一般也表明了這一關係，即氮素形態的變化受土壤氧化還原狀態支配，在長期落乾的情況下，銨態氮素的含量便逐漸減少。

從銨態氮素在水稻生長過程中總的動態來看，以初灌後的期間為最高，這可能是由於綠肥的分解或其他基肥的影響，同時對於初灌前的土壤，一般經過乾耕晒垡，灌

水後也可促成土壤中銨態氮素的顯著增加^[3,4]。據我們初步測定，當河泥施於大田作基肥經過乾晒後灌水，同樣可顯著增高銨態氮素含量^[5]，這些都可能是使初灌後的土壤中銨態氮素迅速增加的原因。在前列結果中，水稻拔節以後的幼穗形成期間，土壤內銨態氮素同趨缺乏，這一結果對於一般羣衆經驗及田間試驗所指出的穗肥功效，似得到了一個說明^[6]。

關於長期落乾的旱直播田（圖4），在後期灌水以後，並施追肥都不能引起銨態氮素的顯著增加。這可能與長期落乾後的土壤過度板結有關，這一問題尚有待研究。

土壤內鐵素的還原主要為生物作用的結果^[7]，一般旱地表土無亞鐵存在，旱地灌水後，亞鐵在數日內大量增加。從田間觀察，在土壤泡水後約10—15天，土色便顯著變灰。此時亞鐵含量很多，但土壤排水落乾後，透氣情況變好，亞鐵便很快被氧化而減少或消失。表3說明水田亞鐵的變化同樣與土壤的氧化還原程度有關。

表3 土壤氧化還原對亞鐵變化的影响

Eh (mv)	Fe ⁺⁺ (微克/克土)
70	100
150	75
165	65
250	50
415	20
575	0

四。結語

本文初步就水稻土銨態氮素及亞鐵的動態作了介紹與說明，指出水稻田經過不同的灌排措施及栽培上乾乾濕濕的管理過程直接影響了土壤內部氧化還原情況的改變，因此支配了水稻土中氮素與鐵素的存在狀態。目前對於水稻土的研究僅是一個開端，今後尚需密切結合栽培制度及耕作施肥，繼續進行研究，以期明瞭水田肥力變化的基本規律，這樣對於製定農業技術措施上便具有實際意義。

參 考 文 獻

- [1] 尤德敏，1954. 水稻應怎樣分期施肥。華東農業科學通報，第2號。
 [2] 黃東遷、李錫涇，乾土作用對於水稻土及河泥的影響（未刊稿）。

-
- [3] De Gee, J. C., 1950. Preliminary oxidation potential determination in a "Sawah" profile near Bogor (Java). Fourth International Congress of Soil Sci., *Transactions.*, 1, 300-303.
 - [4] Ignatieff, V., 1941. Determination and behavior of ferrous iron in soil. *Soil Sci.*, 51, 249-263.
 - [5] Lebedjantzev, A. N., 1924. Drying of soil, as one of the natural factors in maintaining soil fertility. *Soil Sci.*, 18, 419-447.
 - [6] 麻生慶次郎, 1952. 土壤肥料新說, 17 頁。
 - [7] 鹽入松三郎, 1952. 土壤学研究, 83—120頁。