中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 31(4)：347～352 (1982)

影響水稻生產之土壤物理性檢定[1]

黃 明 輝[2]

摘要：本試驗從民國 68 年二期作至 70 年一期作，在彰化粘板岩冲積土檢定 20 處水田土壤物理性，結果如下：一、68 年二期作，晒田前滲漏速率之倒數和稻穀產量有極顯著負相關($r=-0.69^{**}$)，但其他期作均不顯著，此表示在 68 年二期作高溫多雨氣候下，滲漏速率太低將是水稻生產的限制因子。二、晒田後表土總體密度亦和稻穀產量有顯著負相關 ($r=-0.44^{*}$)，故晒田後表土總體密度的檢定可作爲限制根系發展的指標。

本省土壤詳測完成後，土壤化育及分類已有相當完整資料，可供試驗田選擇之依據，但提供實際田間管理的訊息尚嫌不足。另外有關稻田肥力或肥料試驗資料亦很豐富，但是對於影響水稻生產有關之土壤物理性的研究資料却很少。尤其本省二期作氣溫較高，若逢多雨季節則排水不良田間土壤常呈過度還原狀態，不利根系發展。反之，若晒田不當，土壤機械阻力過大，亦影響根系發展，使土壤肥力和所施肥料不易發揮應有的效果。爲明瞭這些土壤物理性對水稻生產的影響力。依據土壤調查報告和土壤圖，在彰化粘板岩冲積土區選取排水狀況不同之水田 20 處，自民國 68 年二期作至 70 年一期作，在水稻生育期間及收穫後，檢定土壤物理性，並測定土壤肥力及調查水稻產量，旨在獲得影響水稻生產和土壤肥力之重要物理性，及研訂出適合田間應用之測定方法。

材料與方法

一、地點及面積：在彰化縣埔心、永靖及社頭等三個鄉村設置 20 處試驗田，每試驗田分 3 小區，小區面積 25 m^2。

二、水稻品種：民國 68 年二期作時臺南 5 號 12 處，臺農 67 號 8 處，69 年一期作起均爲臺農 67 號。

三、田間管理：68 年二期作及 69 年一期作，每試驗田設增氮區、標準區及減氮區。施肥量，68 年二期作，N 分爲 150、120 及 90 kg/ha 三級，69 年一期作 N 是 200、160 及 120 kg/ha, P_2O_5 及 K_2O 均爲 60 及 90 kg/ha。69 年二期作及 70 年一期作，每試驗田亦分 3 小區，但改爲無氮區，氮肥 3 次分施區及氮肥 4 次分施區，氮肥按各試驗地肥力適量施用，磷鉀肥施用量不變。其他田間管理依慣行法行之。

四、檢定項目及方法：

(一) 土壤滲漏速率：水稻插秧 5 天後，每試驗田用二個塑膠圓筒 (內徑 15 cm，邊厚 3 mm，長 30 cm) 各在四叢水稻中間打入土壤約 20 cm 深。使筒內外水位相同，以自製水位測定裝置 (

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1075 號。本文承中興大學土壤系楊皇策教授及本所農化系林主任家棨、陳研究員春泉、連研究員深之指導，林登鴻先生協助研究工作，謹此致謝。

2.本所農化系助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

含測徑器及歐姆計，靈敏度 0.01 mm，再現性 0.02 mm）[1] 平放筒上，讀取水位，隔天再測一次，由時間間隔及水位差計算土壤滲漏速率。不測定時，筒上蓋保麗龍板，外套塑膠袋，以防蒸散及雨水滴入。測定時機，68 年二期作，晒田前 2 次，晒田後 2 次，69 年一 期作起改爲晒田前測定 2 至 3 次。

（二）土壤還原電位（Eh）：插秧後 17 至 35 天，每小區以 20 至 30 支白金電極（白金絲直徑 0.8 mm，長 6 mm，絕緣玻璃管直徑 5 mm）分別在距離稻叢 5 cm 處，插入土壤 7 cm，20 至 30 分鐘後，以 pH 計測定其電位（emf, mv），參考電極銀一氯化銀、 飽和氯化鉀電極。Eh＝emf（mv）＋200

（三）土壤總體密度：採土器上不銹鋼環（高 5.1 cm，直徑 5 cm）垂直壓入表土，由鋼環周圍將土柱挖起，取下鋼環，用刀片把突出鋼環的部分切齊，把土柱壓入塑膠袋，帶回實驗室，稱重至 0.1 g，然後於 105 °C 焙乾過夜，再稱重，焙乾後土重除以鋼環體積就是總體密度（g/cm³）。每試驗田採 5 點，晒田及收穫時各採 1 次。

（四）土壤强度：晒田時，以計力環式穿刺計分別測定 5 cm, 10 cm, 15 cm 等三種深度之土壤强度，每試驗田測定 10 點。

（五）土壤肥力：有機質（Walley-Black 法），pH（玻璃電極法，土壤：水＝1：1），有效性磷（Bray P_1）和有效性鉀（Mehlich 法）。

（六）稻穀產量：每小區收割 100 叢水稻，每試驗田以 3 小區中最高產量代表該試驗田之稻穀產量。

結 果 及 討 論

彰化地區所檢定的 20 處水田表底土都是中質地的坋質壤土及坋質粘壤土（Silt>50%, Clay<30%），晒田前所檢定的土壤滲漏速率範圍，68 年二期作是 0.52—4.64 mm/day，69 年一期作是 0.16—3.84 mm/day，69 年二期作是 0.41—3.53 mm/day，70 年一期作是 0.12—6.02 mm/day（表 1）。此顯示二方面意義：（一）彰化地區中質地稻田滲漏速率偏低，指出一般中質地水田內部密實排水不易。（二）同屬中質地水田而滲漏速率差異達 10 倍以上，可能是地勢或剖面質地不同所致。

68 年二期作，滲漏速率倒數和稻穀產量有極顯著負相關，r＝−0.69**（圖 1），表示滲漏速率

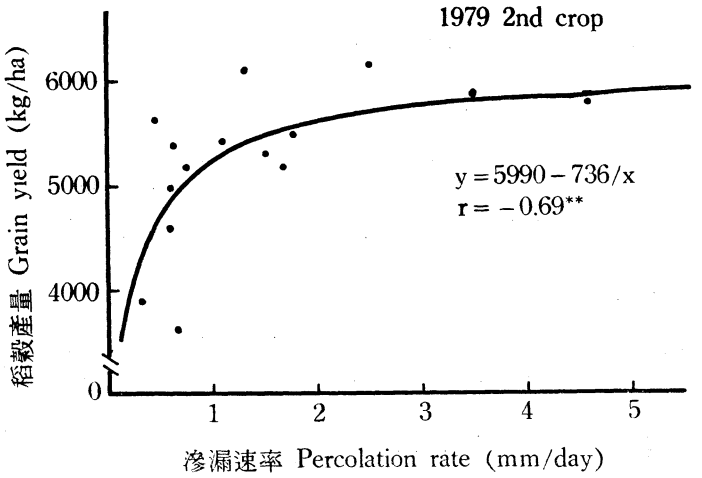


圖1. 晒田前滲漏速率和稻穀產量之關係

表1. 彰化地區水田滲漏速率分佈情形

田號	68年二期作	69年一期作	69年二期作b	70年一期作	平均值	平均值標準偏差
1	3.02a	0.94	0.78	1.77	1.16	0.31
2	4.64	3.84	3.53	6.02	4.51	0.56
3	0.69a	1.95	2.00	1.30	1.75	0.23
4	0.36a	1.77	1.15	0.71	1.21	0.31
5	0.79a	0.21	0.45	0.30	0.32	0.07
6	0.64a	0.16	0.59	0.28	0.34	0.13
7	0.73	1.39	—	2.28	1.47	0.45
8	0.70a	0.34	0.80	1.43	0.86	0.32
9	1.71a	0.26	0.41	0.91	0.53	0.20
10	1.55a	1.13	—	1.22	1.18	0.04
11	1.67	2.32	2.81	2.24	2.26	0.23
12	2.35	2.01	1.52	3.35	2.31	0.39
13	3.76	3.03	—	2.98	3.26	0.25
14	2.54	2.71	2.15	2.86	2.57	0.15
15	1.34	2.12	2.64	2.04	2.04	0.27
16	0.52	1.43	—	1.44	1.13	0.31
17	0.68a	0.23	—	0.12	0.18	0.05
18	1.15	1.12	—	0.24a	1.14	0.01
19	1.57	2.37	—	2.54	2.16	0.30
20	—	0.52	0.69	0.13	0.45	0.17

a. 試驗地點變動。
b. 69年二期作全省水田插秧期普遍缺水。

高者有利水稻生產。圖1亦顯示若滲漏速率大於 1 mm/day 則稻穀產量均在 5000 kg/ha 以上。但若滲漏速率小於 1 mm/day 則稻穀產量爲 3500 至 5600 kg/ha，變異很大，可知排水不良田稻穀產量受田間管理的影響很大。但是69年一期作至70年一期作，滲漏速率和稻穀產量却沒有明顯關係（表2）。連氏在63年亦得類似結果，稻穀收量依排水良好～尙良＞不完全＞不良之次序而異，但以二期作較顯著[2]。由氣象資料推測，本省一期作氣溫較低，排水不良對水稻生長沒有明顯影響。然而二期作氣溫較高，68年二期作又經常下雨使排水不良田過度還原，不利根系發展及其對養分的吸收，使滲漏速率成爲水稻生長的限制因子。但69年二期作適逢全省水田插秧期缺水，抵消了排水不良對水稻生長之影響力。又由表1可知，同一試驗地，不同期作下所測滲漏速率雖有變化，但大體趨勢一致，表示，本測定方法可靠性高。有關測定時機應在插秧後至晒田前，每天下午3點至早上10點

表 2. 各種土壤性質和稻穀產量之直線相關係數（彰化粘板岩冲積土）

Table 2. Linear correlation coefficients between soil characteristics and rough rice yield (slate alluvial soils in chang-hua area)

Yerar	Crop	Percolation rate	pH	OM	Eh	Bulk density	Soil strength
1979	2nd	0.58 **	− 0.57**	− 0.10	− 0.06	− 0.44*	0.13
1980	1st	0.18	− 0.01	0.27	0.16	− 0.25	− 0.11
1980	2nd	0.09	− 0.48*	0.16	0.11	− 0.44*	0.07
1981	1st	0.07	− 0.11	0.37	0.07	− 0.44*	− 0.09

測定，晒田或大雨後不要測定，其值不穩定且不可靠。每試驗地二個筒子（二重複）所測滲漏速率之平均值標準偏差爲 5 —58%，顯示有些水田本身排水均勻，有些水田排水不均勻，應適當增加測定重複數。又圖 2 顯示滲漏速率和 pH 有顯著負相關 $r=-0.60^{**}$，可知排水良好土壤，由於鹽基性物質淋洗損失，漸變爲酸性；而排水不良田之土壤反應趨於鹼性，連氏亦曾指出排水較差土系，表土較高

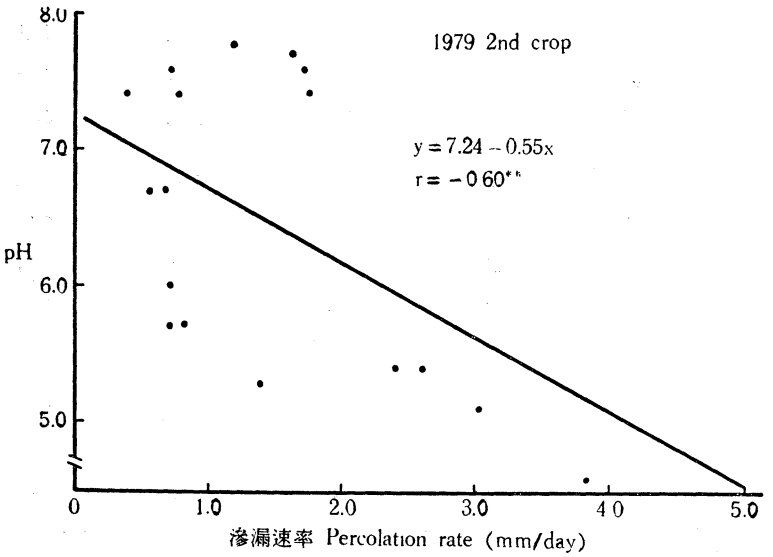


圖2. 土壤滲漏速率和 pH 之關係。

pH 值及碳酸鈣含量，蓋地勢較低結果[2]。

土壤還原電位（Eh）測定可以直接表示土壤氧化還原情形，進而尋求其對水稻根系發展和水稻生產之關係。但是經過二年檢定結果，土壤 Eh 和稻穀產量均沒有明顯的關係（表 2）可能原因是(一)晒田前，土壤 Eh 比較低，但晒田後土壤 Eh 升高，使土壤 Eh 不再成爲水稻生長的限制因子[3]。(二)檢定土壤 Eh 時平衡時間太短（20～30 分鐘），據李氏研究指出白金電極絕緣部分的直徑 8 mm 及 5 mm，8 小時的測值才與土壤 Eh 達平衡[4]。

雖然晒田可使土讓 Eh 上升，有利根系發展，但是過分晒田可造成缺水而不利水稻生長或使土壤機械阻力增大而阻礙根系發展，土壤機械阻力可以直接用穿刺計壓入土中測定土壤强度或採土柱測定土壤總體密度。土壤强度，以期作而言，二期作大於一期作（表 3），以深度而言，10 cm<5 cm< 15 cm。水稻根系發展主要在表土，故取 10 cm 深之土壤强度和稻穀產量求相關，結果並沒有明顯

關係（表2），其原因是原來假設晒田至最乾時之土壤强度可作爲限制根系發展的指標，故只在晒田時測定一次，但根系對土壤强度的感受可能是長期的而不是某一點，並且影響土壤强度的因子很多，如：土壤含水量，有機質、質地、晒田歷史及土壤乾濕變化速率等，故應用土壤强度測值時應注意上述因子的影響。20處試驗田在晒田時表土總體密度範圍，68年二期作是0.92—1.20 g/cm³，69年一期作是0.84—1.12 g/cm³，69年二期作是0.87—1.29 g/cm³，70年一期作是0.89 g—1.25 g/cm³。1976年Kar等指出土讓總體密度，若粘土大於 1.2 g/cm³，壤土大於 1.6 g/cm³ 砂讓土大於 1.8 g/cm³ 則會限制根系發展[5]。而所檢定的土壤都在坋質壤土至坋質粘壤土，有少數水田可能晒的較硬而限制根系生長，由表2顯示表土總體密度和稻穀產量均呈負相關，且有三個期作均達5%顯著水準

表3. 不同期作下晒田時之總體密度和土壤强度

Year	Crop	Bulk density g/cm³	Soil strength kg/cm²
1979	2nd	1.07	2.7
1980	1st	1.00	1.5
1980	2nd	1.10	3.5
1981	1st	1.04	1.5

（$r=-0.44^*$），可見晒田時表土總體密度和水稻生長有密切關係。又表3顯示二期作的總體密度和土壤强度均高於一期作，可知本省二期作氣溫較高，在晒田時較易使土壤總體密度和土壤强度提高，應注意晒田程度，以免阻礙根系發展。另一方面，表土總體密度和有機質含量有極顯著負相關，$r=-0.61^{**}$（圖3），表示富含有機質的土壤在晒田時比較不會過分密實。

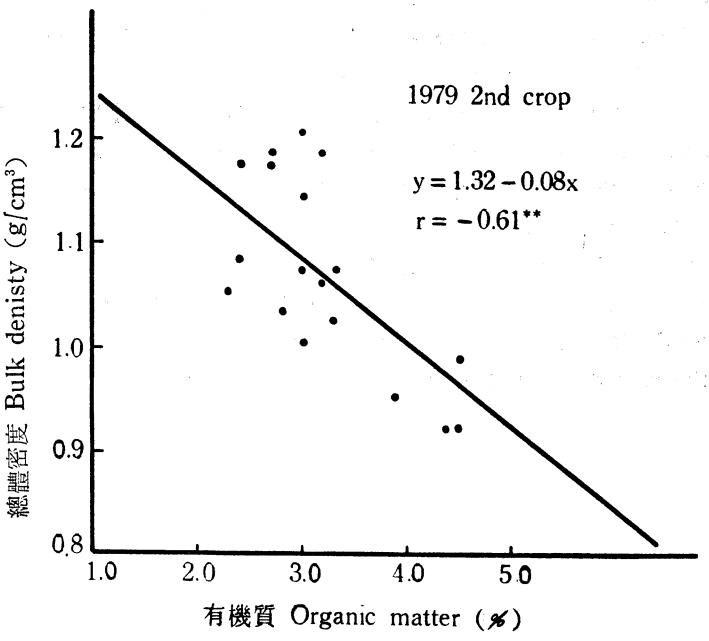


圖3. 表土總體密度和有機質含量之關係

總之，晒田前檢定土壤滲漏速率，晒田時檢定表土總體密度，可使水田管理在灌溉、排水及晒田時有合理的依據，如滲漏速率低且富含有機質的水田在二期作水稻可提早適度晒田，將有利於水稻生產。

參 考 文 獻

1.陳錦松・1976・水分管理和施用谷殼對水田土壤氧化還原狀態和水稻產量的影響，國立中興大學土壤系學士論文。
2.連深・1976・中部粘板岩冲積土若干土系之特性與水稻生育之關係，中華農業研究25：93—107。
3.李國貞・1977・白金電極構造及表面狀態對土壤還原電位測值的影響，國立中興大學土壤系學士論文。
4.曾國珍・1981・還原電位和總體密度對水稻根系分佈與產量的影響，國立中興大學土壤研究所碩士論文。
5.Kar, S., S. B. Varade, T. K. Subramanyam and B. P. Gildyal. 1976. Soil physical conditions affecting rice root growth : bulk density and submerged soil temperature regime effects. Agron. J. 68 : 23-26.

The identification of soil physical properties related to the growth and yield of lowland rice

M. H. Huang

Summary

Twenty field trials were conducted on slate alluvial soils in Chang-hua area from the 2nd crop of 1979 to the 1st crop of 1981. Soil physical properties were measured during the growth period of rice plant, and yield was obtained after the harvest. The results may be summarized as follows.

During the 2nd crop of 1979, the correlation coefficient between the reciprocal of percolation rate and the rice yield was negatively significat ($r=-0.69^{**}$). However, it was not significant in the first crop, probably because of the higher temperature and heavier rainfall during the 2nd crop season. The drainage condition was worse in the 2nd crop than in the first crop, and percolation rate became a limiting factor for the growth of rice plant in the former.

The negative correlation between the bulk density of surface soil and the rice yield was also significant ($r=-0.44^{*}$). It was also pointed out that the bulk density of surface soil measured after the first intermittent drying can be used as a indicator to show whether the root development of rice plant is affected.

1. Contribution No. 1075 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Research Assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI. Wufeng, Taichung Hsien Taiwan 431, ROC.