

水稻土特性的發展和水稻田的 綠肥耕作制

陳華癸

(華中農學院)

序 言

過渡時期農業建設對農業科學提出的要求是：建立一套先進的科學的耕作制度。這個制度必須能夠不斷提高土壤的肥力，這個制度要有實踐基礎，要有不斷發展的前途，要與農業生產合作化的發展相適應，這樣才能保證不斷地提高農業生產，獲得高額而穩定的產量。威廉斯的草田耕作制對蘇聯社會主義農業建設的偉大貢獻就在於此。它就是這樣一種能夠滿足上述各項要求的耕作制度。但問題在於今天我們如何創造性的學習草田耕作制，使它適應於我們具體的自然和社會條件。

威廉斯在其經典著作中指出：闡明土壤生物循環的發展方向和速度是土壤科學的任務；掌握和控制生物循環的發展方向和速度是耕作學的任務。本文想根據杜庫查耶夫-柯斯特切夫-威廉斯的土壤學說來分析討論水稻田土壤特性的發展；並根據威廉斯的土壤肥沃性學說來分析和討論水稻田的綠肥耕作制。

所引用的資料，一部分是本人過去的一些試驗研究結果，一部分是已發表的各專家的科學報告，另一部分是1954年7月在農業部土壤肥料技術會議上交流的十分豐富的生產經驗和研究結果。

一．水稻土特性的發展

由於種植水稻的緣故，使得水稻田土壤具有與別種土壤不同的特性。各種不同的母質和土壤在長期種植水稻的影響下具有了一系列共同的特性。如果說在各種不同類型的植被下所引起的土壤肥力發展的質的特性是土壤分類的主要根據，那麼水稻可以看做是一種特殊的植被。水稻植被之下可能發生特殊的植物羣社特徵，因此

進行着特殊的生物循環过程。这就使得水稻土与非水稻土有顯著不同，即当非水稻田土壤改變為水稻田土壤時，就引起了一系列的土壤特性的改變。同時，各地水稻土之間都有許多共同的特性，尤其表現在植物羣社和物質的生物循環过程方面。

關於水稻和水稻田的土壤，有許多偏見和錯覺流傳着，需要事先予以澄清：

有人認為水稻是熱帶和亞熱帶的植物，水稻和水稻田局限於熱帶和亞熱帶，這是完全不正確的。在東北已有廣大面積的水稻田，而且尚在不斷擴大中。甘肅、河北、陝西等省凡水源充足的地方，就能夠種植水稻，而且能夠得到高產量。

有人認為水稻要求酸性土壤，這也是完全不正確的。水稻對於酸鹼度的適應範圍很廣，pH 4—9 (5.5—8.5) 都能生長^[3]。實際上，在鹽鹼地的利用和改良上，水稻佔有重要地位。

有人認為水稻田表土浸在水中，土壤顆粒完全分散，這也是不正確的。水稻土還是有小團粒的形成，根據團粒分析結果，珞珈山農場水稻土含 >2 毫米的團粒約 20%，2—0.02 毫米團粒 79.6%，機械分析結果沒有 >2 毫米的顆粒，2—0.02 毫米的顆粒約 34.6%，但這些小團粒結構並不能改變土壤的孔隙性，仍以毛管孔隙為主。

也有人認為水稻根系不需要氧氣，這也是不正確的。水稻可以在通氣情況差（泡水）的條件下生長，但這只是忍耐，並非理想。當水的條件和通氣條件矛盾時，水稻比其他作物更需要水，更能適應於低氣壓。然而，在滿足水的條件下，增加土壤空氣供應則是豐產因素之一。在水源有保證的條件下，反覆澆水和放水晒田是最理想的生長條件，即所謂“淺水勤澆”、“乾乾濕濕”。

種植水稻的條件和旱作有所不同。種植水稻的地形要平坦，要能修田埂保水。因此，水稻田中一般很少逕流和沖蝕現象。另外，在水稻生長時期要有足夠的水分（水稻需水較一般作物要多，蘇聯灌溉水稻田需水率約為 6000 公方/公頃，我國缺少這方面的研究，但估計一般水田當比前述數值要小得多），在整個或絕大部分水稻生長時期，一般的水稻田中表面積水。至於終年積水，對水稻田而言，可以說是不得已，而不是理想的情況。

1. 水稻田的地形、水文和氣候條件： 地形和水文對水稻的種植和水稻土的分布起決定性的作用。水稻土多發育在起伏地形的中部和下部，很少種植在分水嶺上，像這些地方是完全靠雨水的。一般水稻田都在半山腰以下，直至谷地和淺湖，在潮濕多雨的地帶，梯田可以接近於山頂，但不能達到山頂（如貴州）。氣候乾旱的地帶，水稻田的位置祇限於坡麓。換言之，即水稻田的水源依靠着降雨和山坡流下的水。從

這兩個來源所得的水量減去水分的蒸發量（包括蒸騰量）和滲漏量，要能經常滿足水稻生長的需水要求（土壤水分要接近飽和或更多）。

在乾旱地帶，除上述水源外，主要依靠人工灌溉補充給水的不足，也就是利用廣大面積流來的水量，供給較小面積的水稻田的需要。

在長江流域和長江以南，按地形由下而上，水稻田的分佈如下：

(1) 湖泊：因湖水太深，不能種水稻。

(2) 冬水田：實際是淺湖，終年浸水，可種植水稻。

(3) 兩作田：比冬水田地勢略高，但基本上還是谷地（壟田或畝田）；夏季蓄水種水稻，冬季放水種冬作，但有些地方由於排水困難，冬季休閒。

(4) 塋田：在壟田或畝田的上坡，水旱兩作。

(5) 在水旱兩作的塋田之上，冬天蓄水以保障來年插秧的水源，這種冬水田與上述冬水田正相反，不是排水困難，而是冬天不敢排水。

(6) 更上則不能種水稻，在丘陵地帶，梯田高度視氣候與水源而定。在兩湖的低丘地帶，很少有高於 $\frac{1}{3}$ 坡的，在廣州可高到 $\frac{2}{3}$ 坡，有如下列圖解所示。

按照水位和地面的相對關係，水稻土可分為下列四種：

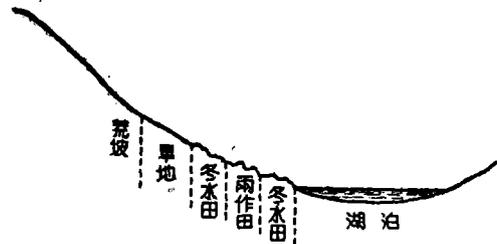
(1) 淺湖冬水田：大多數冬水田實際是一種淺湖，也就是說，水面在土面之上。

(2) 潛育性水稻土：地下水位高，自由地下水或地下水的毛細管運動範圍直接影響水稻土的性質。

(3) 潛育性水稻土：地下水位低，但在地下水位以上有一層排水困難的土層（稱為潛育層）。由於潛育層漏水慢，在這層上的土壤經常或大部時間為水分所飽和，而影響水稻土的性質。

(4) 滲育性的水稻土：地下排水無阻礙，水稻田中的水分完全依靠充沛的天雨或灌溉，給水量（在水稻生長期內）大於滲漏。當然，就是在這樣的條件下，也需要相當黏重的土層。在地下水位低、排水暢順的砂地上，即灌溉亦很難滿足水稻對水的要求，故不能種水稻，也自然沒有水稻土發育。

母質對水稻土的影響主要表現在質地和保水層方面，其他母質的性質只能影響



各种水稻土的多樣性,而对水稻土的發育与否,則不起决定性的作用。

2. 水稻土的植物羣社和生物循環: 研究水稻土的植物羣社特性,須先从較簡單的冬水田着手,再進到較複雜的兩作田。

冬水田終年積水,水稻是唯一的高等綠色植物(少數雜草除外)。水稻田中的藻類植物和浮萍对水稻土的生物循環也起一定的作用,但屬於次要的。

由於每年收穫,冬水田中每年的有机質供給量不多(主要是根兜、根系和有机質肥料)。

由於終年積水,水稻土中的主要微生物是嫌氣性細菌。有机質的腐解作用主要是嫌氣性的。好氣性的微生物作用微弱(但不是完全停止的),非强酸性的土壤中硝酸与銨的相对含量是土壤中好氣性微生物作用和嫌氣性微生物作用的相对强弱的可靠指南。在通氣良好的條件下,硝化作用比氨化作用强盛。硝酸是含氮有机物礦化的最終產物,銨則是一种能積累的中間產物。在一般的旱作土壤中,硝酸和氨的相对含量就是這樣。在多年生牧草地中,好氣性微生物和嫌氣性微生物的作用强度相若,硝酸和銨的相对含量也大致相近。

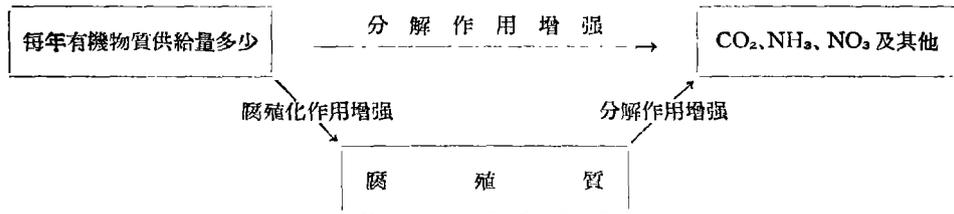
在冬水田中正相反,銨成爲無机氮素的主要狀態。下面是北碚天生路農場冬水田土壤含無机氮量的比較^[6]。

表 1 冬水田中無机氮含量(%)比較

測定時期	冬水田的土壤		冬水田的水	
	NH ₃ -N	(NO ₂ +NO ₃)-N	NH ₃ -N	(NO ₂ +NO ₃)-N
43'-12-24	10.6	微量	—	—
44'-1-10	12.7	〃	0.3	微量
44'-2-16	5.9	〃	—	—
44'-3-1	3.6	〃	0.2	—

上述結果指出:在冬水田土壤中,硝化作用極弱。土壤中主要微生物作用是嫌氣性的;但这並不是說,冬水田土壤中沒有好氣性微生物作用。在根孔壁上,一般可見到許多鐵銹條痕,这是二價鐵化物氧化爲三價鐵化物的証明。根孔是通氣比較好的地方,好氣性作用比較强盛。与根孔的鐵銹條痕相对比的鉄青色的背景,也正好証明冬水田土壤嫌氣性作用爲主的特性。

水稻土含有机質和其他嫌氣性濕土很不相同,表現在它的有机質累積不起來。我國各地水稻土的有机質的含量均在1—2%之間,土壤有机質含量的多少決定於下列因素的相对强弱:



冬水田种植水稻的每年收穫給予土壤的有机物質不多。雖說水稻田土壤中以嫌氣性作用爲主，有利於腐殖化作用，但畢竟由於每年有机物質供給量不多，不能累積腐殖質。在水稻田中，有机物質的分解作用是很強盛的，主要表現於：(i) 压綠肥後，有机氮素化合物礦化作用很強；(ii) 腐殖質腐熟程度很高，C/N 比率在 8—12 比 1 之間。

水稻土的生物循環的特殊性還表現在鉄質的運動規律上，即所謂“潛水離鉄作用”，这在後面將討論到。

其次，討論兩作田土壤中的生物循環：兩作田夏季蓄水种植水稻，冬季排水种穀類或技術作物或綠肥作物。這樣，植被情況就有改變，蓄水、排水使空氣情況也有了改變。然而，根據土壤中微生物作用过程的研究，它們仍保留水稻土的生物循環的基本特性。首先，在蓄水時期(水稻生長時期)，微生物作用仍以嫌氣性作用爲主，主要的無机態氮素是銨，硝酸含量甚微。在排水种冬作物時期，硝化作用雖然增強，但仍不能与氨化作用相比擬^[5]。当田地再度灌水時，表現很強烈的反硝化作用，硝酸在兩天內完全消失。上述情況說明在兩作田土壤中，微生物作用仍以嫌氣性作用爲主，只是好氣性作用在一定時期中比較冬水田土壤旺盛些。

關於水稻田中衆多的動物羣对水稻土特性發展的影响，还没有人研究过。

3. 水稻土剖面特徵的發育： 水稻田土壤可以在各种土壤和母質上形成，因此它的特徵中必然保有它前一時期土壤特性的某些殘餘。研究水稻土剖面特徵的發育，必須將各种殘餘特徵和新生特徵區別開來。各地水稻土的新生剖面特徵有本質上的共同性，這就是水稻土的質的特徵。

由於不斷的种植水稻而產生的剖面特徵，主要表現在下列幾項：

(1) 有一經常潮濕、接近水分飽和的土層，這層或在地面(冬水田)，或在地面以下的地下水或滯育層。一方面是由於有一層比較粘重的土層；另一方面也是水稻土剖面發育的結果，即鉄質膠體的淋溶和澱積的結果。

(2) 在泡水情形下，由於嫌氣性微生物作用的結果，產生了三價鉄化物还原爲二

價鐵化物的作用，因二價鐵化物的溶解度較大而向下移動。另外，由於季節性的泡水和乾燥以及根孔的通氣作用，向下移動的二價鐵化物氧化為溶解度小的三價鐵化物。因此，鐵質在一定的層次中澱積出來，這就出現了水稻土剖面的鐵銹條痕層和鐵質澱積層（即“潛水離鐵作用”）。

(3) 水稻土的“潛水離鐵作用”不同於灰壤化過程中的鐵鋁移動現象^[3,6]。潛水離鐵作用是由於嫌氣性細菌還原三價鐵的作用，因此只有鐵質的移動而沒有鋁質的移動。在灰壤化過程中，由於克連酸的影响，克連酸的鋁鹽和鐵鹽都向下移動，因此表現為鐵鋁的移動而不單是鐵的移動。

(4) 關於水稻土腐殖質的特性，除前述累積情況外，還沒有作更深入的研究。

4. 水稻土保水特性的發展：旱地改變為水稻田，一般均增強了土壤的保水性。這說明水稻土的保水性是在不斷的種植水稻的作用下發展的，主要是由於：

(1) 鐵質膠體的澱積作用，增加了底土層的粘重性，因而增加了保水性，降低了滲漏性。

(2) 犁底的鎮壓作用，暫時地增加了犁底層的保水性，降低了滲漏性。

(3) 土壤微生物所分泌的複醣類膠體物質（莢膜物質），增加了土壤保水性，降低了滲漏性。

(4) 土壤微生物呼吸產生的大量 CO_2 微氣泡，割斷水流，降低滲漏性。

四項中除第(1)項有持久性的作用外，其他三項都只是在種植水稻的時期中起作用，是沒有持久性的。因此，水稻土的保水性需要通過正確的耕作方法，不斷的發展和提高。

以上是对水稻田土壤的肥力發展規律的初步分析和討論，希望能做為今後深入研究水稻土的一個基礎和開端。

二. 水稻田的綠肥耕作制

水稻和綠肥作物輪作在我國普遍的實行着，而且有極悠久的歷史，其中包括極為豐富的生產經驗，但却亟待整理。

解放以後，水稻田施用綠肥的科學技術研究和推廣工作，成為農業生產技術中一個突出的重點。長江區域各農業科學機構都在努力鑽研這個問題。但由於我們對它的基本特徵了解不夠，工作上或多或少的陷於片面性和狹隘性，把它孤立地看成為一種特殊的施肥制度，而沒有把它看成為一種優良的極有發展前途的特殊的水稻生產

制度中的一個主要環節，因而不能從整個制度的觀點來研究綠肥施用問題。

由於綠肥作用的多樣性，並由於各地施用綠肥的多种多样性，如果不能從整個的水稻生產制度上去了解綠肥的多方面的作用，以及不能正確地了解這種特殊的水稻生產制度的基本特性，科學工作者就無法清晰地總結這項十分豐富的農民生產經驗，把它提高到現代科學水平的高度，因而也就無法將它發展成爲適應於社會主義建設要求的先進生產制度。

本節的目的在於討論水稻田綠肥耕作制的基本特性，分析這制度各個主要環節的意義，並指出深入了解這制度所應進行的調查研究工作，和實施這一制度的一些關鍵性的問題。無疑的，這是一個大膽的嘗試，但爲着推動這方面的科學工作，這種嘗試還是必要的。

1. 水稻田的綠肥耕作制：這是一種特殊的農業生產制度，它的特徵有下列諸項：(i)以水稻爲主要作物，每年生產一季(或兩季)；(ii)以冬季綠肥作物爲培育土壤肥沃性的主要作物；(iii)按照各種不同情況，找出一套完整的輪作制，其中包括其他糧食作物或技術作物；(iv)將一個完整的輪作制當作一個生產制度的整體，考慮它的生產總量、勞動生產率 and 對於土壤肥力的影響；(v)在一個完整的輪作制基礎上，考慮和設計土壤的耕作法、施肥法，以及灌溉和排水、品種和播種量等等農業技術措施，要在這個基礎上來了解水稻田的綠肥耕作制和別種水稻耕作制的主要差異。同時也要在這個基礎上來分析了解各種水稻田的綠肥耕作制之間的共同性和特異性。

下面是水稻田綠肥耕作制的一種類型：每年在夏季灌水種一季中熟水稻，水稻收穫後種一季紫雲英，來年春季將紫雲英壓入田內作綠肥，再種水稻，這樣週而復始的輪作。在這樣輪作制中應考慮作物品種和種籽的選育，土壤的耕作方法，施肥法，灌溉和排水法。在這個制度中以水稻爲主要作物，以綠肥爲主要的培肥措施，這是一種極簡單的水稻田綠肥耕作制。

下面是另一種類型：分三區(區數不拘)輪作，每年夏季各區都種水稻，每年冬季三區輪換，一區種冬季綠肥作物，另兩區種麥類、油菜或其他技術作物。待冬季作物收穫後，於春天將綠肥分別施用於三區中，然後春耕灌水，進行插秧。在這樣的輪作制度中，也應考慮作物品種和種籽的選育、土壤的耕作法……等等。這制度中同樣的是以水稻爲主要作物，以綠肥爲主要的培肥措施，但同時還包括其他作物，這是一種比較高級的水稻田綠肥耕作制度，也是今後發展綠肥耕作制度的主要方向。

下面又是另一種類型：和前述第一種類型相似，夏季種植水稻，冬季種植綠肥作

物，因為綠肥作物同時也是飼料作物，故可收割地上部分的全部或一部分作飼料，發展一定比例的畜牧業（主要是養豬餵牛）。在這樣耕作制度中也應考慮各種農業技術措施。

下面是一種極特殊的類型：上述各種類型都應用於兩作田中（夏水田、冬旱地）。水田的養萍法則是一種應用於冬水田的水稻田綠肥耕作制。水稻田終年蓄水，夏季種植水稻，冬季在水面養萍，作為綠肥。顯然這裏水稻是主要作物，而浮萍則是綠肥作物。

當然，還可以舉出更多的類型和各種過渡的形式。但是用以上幾個類型做例子已經足夠說明水稻田綠肥耕作制和其他水稻耕作制度的不同點，以及各種水稻田綠肥耕作制之間的不同點。

總的說來，水稻田的綠肥耕作制和其他水稻耕作制度的不同點，就在於它包括有對土壤培肥具有重大意義的綠肥作物。同時也就是它比其他水稻耕作制度優越的地方，適合於社會主義農業制度的耕作制度必須能夠培育土壤的肥力，並且在土壤肥力不斷提高的基礎上獲得高額而穩定的產量，這是正確的運用水稻田綠肥耕作制所能達到而其他的水稻耕作制所不能達到的任務。

培育土壤肥力的關鍵在於經常的供給植物以大量的有機質。通過土壤微生物的腐解作用，一方面不斷的產生新鮮的活性腐殖質，來改良土壤的物理性質；另一方面使有機物質礦化來供給充足的植物營養料。除了綠肥耕作制外，其他水稻田的耕作制度不能普遍而且經常的供給這樣大量的有機物質，來促進土壤微生物活動。

各種水稻田的綠肥耕作制，適用於不同的環境條件和不同的耕作技術發展階段。以下將以長江區域種植一季中熟稻的兩作水稻田為主要對象，涉及其他情況，討論水稻田綠肥耕作制的各個主要環節和它們的關鍵問題及發展前途。

2. 水稻田綠肥耕作制中的綠肥作物： 首先討論冬季綠肥對土壤肥力和對主要作物（水稻）的作用。種植一季冬季荳類綠肥作物如紫雲英或苕子，在長江區域可獲得1,000斤到8,000斤的地上部分（青重）和相應的地下部分，這些有機物質在春天翻入土中，在泡水的情况下進行腐解作用。參與這腐解作用的主要微生物羣是嫌氣性的，在這種特定的腐解作用下，土壤的物理性質和化學性質有了很顯著的改善。物理性質方面，最顯著的表現是壓綠肥的田比不壓綠肥的田鬆軟易耕，減輕板結現象；同時由於土質鬆軟，盛夏時放水晒田，不致於造成過大過深的裂隙，引起再灌時嚴重的漏水現象。在天氣乾旱時，壓綠肥的田比不壓綠肥的田保水性强，裂隙性弱，因而可

經受更長期的早期，以上這些是保證高產而穩定的水稻產量的重要條件。至於更深刻的了解水稻土的物理性質對水稻生產的作用和壓綠肥對水稻土物理性質的影響，則需要深入的有系統的科學研究工作。

綠肥壓青以後，礦質化很快。根據在武漢的測定，壓綠肥後的兩個星期，土壤中的無機氮素養料就有顯著增加^[5]。無機氮素養料的顯著增加，不僅說明土壤中氮素養料水平的提高，而且說明在有機物質礦質化作用進行中一系列的微生物活動的加強，和各種有關植物養料水平的提高。這方面進一步的深刻研究也是十分需要的。

以一季中熟稻為主要作物，在長江流域，有充足的時期種植紫雲英或苕子，秋後播種不成問題。開春後一般都在盛花時壓綠肥，但也可以稍晚，譬如說在四月壓綠肥，五月上、中旬插秧，可以取得很好的肥效。在四月中旬壓綠肥，有些品種還在盛花期，有些品種則已結實，可以將需要的種籽收下後再行壓青。一般來講，綠肥種籽成熟較晚，故不能在壓綠肥的田中收種籽。在成都平原有一種好的辦法，即在種籽半熟時就將需要的種籽收下，在屋頂上曬熟，這樣既可以不致壓青太晚，也不需另留種籽地。當然，種籽問題也可以用其他方法解決，限於篇幅，此處從略。

根據農民的經驗和我們的實驗結果，也可以壓綠肥以培育秧田；三月中、下旬壓綠肥，以後灌水整地，四月上、中旬播種，肥效很好^[4]。

目前綠肥的產量普遍很低，每畝地上青重只 1,000 斤左右，只能勉強滿足本區水稻的肥料需要。因此，前述的第一種類型目前是最普遍的形式，這種情況就限制了水稻田綠肥耕作制度的進一步擴張，因為它使得土地的種植指數不能大於“1”。如果每畝綠肥產量能提高到 5,000—6,000 斤的地上青重，則一畝綠肥作物可以施三畝地。每年夏季種水稻，冬季三區中有二區種穀類或技術作物，則土地的種植指數可以提高到“ $1\frac{2}{3}$ ”。這樣，幾乎所有兩作田都可以推行水稻綠肥耕作制。

上述情況是完全辦得到的，成都平原的農民、各地試驗研究機關和先進農民也都証實了每畝收穫 5,000 斤以上的紫雲英或苕子（地上青重）是有把握的。種植得法，在入冬以前就能得 1,000 斤以上青重，開春後生長得更旺盛，到四月中旬可達 5,000 斤以上。

分析各地紫雲英或苕子產量提高的原因，其關鍵在於：(i) 提高種籽的發芽率和增加播種量；(ii) 注意開溝排水；(iii) 綠肥作物施肥。以上三項，各地都有很好的先進經驗，目前有足夠的條件提出這樣的初步要求：即每畝綠肥只有 1,000 斤左右的提高到 2,000 斤左右，使得能完全滿足本區土壤的要求；已達 2,000 斤的，提高到 4,000—

6,000 斤,使得一畝綠肥可供二、三畝田地用,从而提高粮食和技術作物的种植指數到“ $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{2}{3}$ ”。達到這個水平後,就有條件更普遍的推廣水稻田綠肥耕作制。

上面是指以一季中熟稻為主要作物。在許多种植双季稻的地區,問題就不在於設法增加冬季穀類或技術作物的面積,而在於如何使得在較短的生長期中獲得較多綠肥青重。一般都是在双季稻晚作尚未收穫時,將紫雲英或苕子撒播在田中(生板法),既不整地,又是撒播,綠肥生長難得健旺。同時,如果不整地、不壓翻稻根,則可加重螟害,對來年水稻將有很不好的影响。另外,撒播綠肥固然因為有機質的增加可以改良土壤耕性,但却犧牲了秋後耕犁,所以就是對土壤耕性來講,也是有利有弊。因此,双季稻推行綠肥耕作制,在於双季稻晚作收穫後,爭取能够先翻耕整地,再行播种綠肥种籽。如果选育晚播的品种,播种前要用摧芽处理,播种後要注意排水及其他田間管理工作,以提高綠肥產量。如果在这些方面能做出成績,對於推廣双季稻可起更大的作用。双季稻要求土壤肥沃,肥料充足,因而也就更要求能实行綠肥耕作制。种一季晚熟稻种(如粳稻)秋天的問題和双季稻相同,春天將不像种双季稻那樣時間緊迫。

以上是指單播紫雲英或苕子綠肥。根據各地先進經驗,混播綠肥效果更好,湖南多將紫雲英和肥田蘿卜混播,四川有將苕子和黑麥混播的,據說都比單播好。这些生產經驗都值得詳細的加以總結,並应配合土壤物理和化學性質的分析研究工作。創造優良的混播綠肥方法,可以大大的提高水稻綠肥耕作制對培育土壤肥力和提高作物產量的效能。

目前,有些地方在推廣綠肥作物(紫雲英或苕子)和冬麥或油菜間行條播法。實際上這相當於以條行為單位的分區輪作法,作物指數均等於“ $1\frac{1}{2}$ ”。推廣者指出這方法的主要好處,在於可以保證綠肥的田間管理和施肥。如果分區种綠肥和冬麥,則一般農民對綠肥田的管理和施肥就不够重視了。在這種間行條播法中,兩種植物間的相互關係,應該加以研究。

水稻田养萍是目前所知的唯一有實踐基礎的適宜於冬水田的水稻綠肥耕作制,值得深入的研究。

3. 水稻田綠肥耕作制的田間管理、灌溉排水、土壤耕作、施肥: 首先應該指出,研究水稻田綠肥耕作制的田間管理問題,必須从耕作制的整体着眼和着手。如果孤立的討論其中某一季作物的田間管理問題,必然的会造成研究問題上的片面性,並且引起許多难以克服的矛盾。

灌溉排水是实行水稻田綠肥耕作制的最重要的環節之一,除水稻田养萍以外,主

要的綠肥耕作制必然是應用於兩作田。夏季種水稻，在水稻生長的全部時間或絕大部分時間內稻田灌水，土壤水分在飽和情況下，通氣情況很差；而冬季綠肥作物或其他冬季作物是旱生作物，冬季作物生長期間，水田變為旱地，土壤水分不可過多，通氣情況必需大大改善。實際上，各地生產經驗充分證明：正確的開溝排水是提高綠肥作物產量，並從而提高水稻田綠肥耕作制水平的關鍵問題。目前，大多數綠肥每畝只有1,000斤左右的青重，其主要原因是由於排水措施不好。

同時，在坡地的冬水田，不敢放水種冬作的主要原因之一，是怕春天灌不上水，耽誤了水稻插秧。因此，在大範圍內（一個自然水系單位）或在小範圍內（一個自然村或一個農業生產合作社）改進灌溉排水系統是減少冬水田面積，擴大和提高水稻田綠肥耕作制的關鍵問題。在長江區域，很多地方上坡的水順坡穿田而過，首先應改為修建池塘蓄水並另開鑿溝渠，引水宣洩。

關於土壤耕作法問題，首先要提出的是應儘一切可能避免採用“生板”法。所謂“生板”法，是指在水稻收穫後，不經適當的土壤耕作，就將綠肥種籽撒播在地面上。“生板”法有許多壞處：首先，將種籽播在由於水稻根兜所造成的凸凹不平的地面上，發芽很不一致，出苗率很低，撒在凸起地方的種籽因乾旱而發芽遲緩，甚至初發芽後幼苗被烈日晒死，較低地方的種籽則因水分太多而不能發芽，只有在高低適中的一部分種籽得到優良的發芽條件，因此“生板”田的出苗情況一般是斑斑點點的，這就顯著地影響了地面覆蓋度和青重產量。各地試驗結果證明，提高播種量和發芽率是提高綠肥產量的重要關鍵之一。提高發芽率一方面要靠種籽播種前的處理，一方面要靠改進土壤的耕作質量。

“生板”法的另一個主要缺點是妨礙水稻除螟。殺死螟蟲卵塊是治螟的主要方法。但用“生板”法種綠肥，水稻根兜仍留在田中，加以有綠肥枝葉的蔭蔽，就為蟲卵越冬創造了良好的條件。所以過去甚至有反對水稻田種綠肥的建議，這雖是因噎廢食的看法，但這矛盾畢竟是應該解決的。

因此，廢除“生板”法，提倡水稻收穫後綠肥播種前的土壤耕作，是推廣和提高水稻田綠肥耕作制的關鍵問題。水稻收穫後即行翻耕，將根兜完全壓入土中，耙平，必要時開排水溝，用條播法播種綠肥種籽，是結合稻田治螟提高綠肥的重要措施。

必須指出，廢除“生板”法是有相當困難的：(i) 勞動力缺乏；(ii) 綠肥的生長期間題晚稻或雙季稻田；和(iii) 農民思想上不重視綠肥作物。要克服第一項困難，在組織起來的基礎上是完全有條件的。對於克服第三項困難應該指明，通過提高每畝綠肥的

產量不僅可以肥田和增加水稻產量，並且可以增加冬季穀類和技術作物的面積。如果一畝地生長 5,000—6,000 斤綠肥青重，可肥三畝地，則可推行三區輪作法；如果一畝地只生長 1,000—2,000 斤綠肥青重，則只能實行最簡單的水稻綠肥輪作法。前者種植指數為“ $1\frac{2}{3}$ ”，後者只有“1”。克服第二項困難，應從選育綠肥品種和用播種前催芽法解決。選育適宜於各種情況的綠肥品種是十分重要的工作，用搓傷種皮和浸種相結合的催芽法可以提早種籽出芽（約一星期左右）。爭取一星期的時間，對上述第二項困難的克服往往是成敗關鍵。

以上是針對綠肥作物的栽培而論土壤耕作，至於如何就整個水稻田綠肥耕作制而論的完整的土壤耕作法，目前尚無條件討論。在各個較先進的地區，總結農民生產經驗，分析整理出一套基本耕作法是十分重要的工作。

4. 關於施肥法問題：我們的工作一向陷於把綠肥作為一種肥料，並將它與別種肥料對比，考究它們間的優劣利弊，這是一種很不正確的研究方法。首先綠肥的效果與其他肥料的效果有質的不同，不能就其一點兩點做片面的對比，例如，比較其含氮量、含三要素量，或在等氮量的基礎上比較其對主要作物的肥效等。綠肥的肥效不能只用它所含的三要素量的多少來評價的，它有更重大的培育土壤肥力的意義，而且，即使我們在等氮量的基礎上或在三要素含量的基礎上比較其對主要作物的肥效，得到了比較數字，這並不能回答我們所要解決的問題。我們的問題是如何在水稻田綠肥耕作制的基礎上進行合理施肥，爭取更高的產量和更高的勞動生產率。因此，不是綠肥與其他肥料相互競爭、相互淘汰的問題，而是相互配合、相得益彰的問題。不糾正這觀點，我們的研究工作是找不到出路，得不到實際結果的。

因此，應該首先肯定綠肥作物是水稻田綠肥耕作制的基本環節之一，同時也要肯定水稻田綠肥耕作制比其他水稻耕作制在農業建設中的先進性，它是目前所知的有生產實踐基礎的（不同於在我國尚在想像階段的水稻草田輪作法），能廣泛實行的，並在不斷提高土壤肥力的基礎上獲得高額而穩定的產量的耕作制（不同於現有的其他水稻耕作制）。然後，才有條件研究水稻田綠肥耕作制的施肥法問題。

在施用氮肥方面，各地的經驗和試驗結果證明以豆科植物為基本綠肥作物，其所含的氮素，基本上可以滿足整個輪作制中各作物對於氮素肥料的需要。一畝地生產 2,000 斤綠肥（青重），連地下部分共約有 3,000 斤，含氮 15 斤，其中 10 斤以上是從空氣中來的，可供給比較高額產量的水稻的基本需要。如果一畝地生產 4,000 斤綠肥（青重），在其他條件配合不上的情況下，水稻會產生施氮肥太多的不良現象，故應該分

施二、三畝田中。因此，在水稻田綠肥耕作制中施用其他肥料，重點應放在爭取進一步的提高產量的施肥法上，而不是與綠肥比短長。在綠肥播種時施用少量（每畝 1—2 斤 N）氮素肥料（與其他肥料配合），對於綠肥作物的早期發育十分有利，能提高整個綠肥耕作制的水平。在水稻及其他冬季作物的生長期中，按照生長情況和當時的其他條件，施用適量的追肥是進一步提高產量的措施。除作為追肥的有機肥料（如糞水等）外，其他農家有機肥料應該主要用在不適合於實行水稻田綠肥耕作制的田地上，或者配合秋耕，施用於冬季作物。

根瘤細菌接種，在水稻田綠肥作物的新推廣區有很顯著的作用，不進行人工接種，依靠天然感染，在新種綠肥的頭幾年往往生長不好。進行人工接種配合其他優良栽培方法，第一年都可以獲得較高的產量。

順便討論到秧田綠肥問題。根據農民經驗及試驗研究，秧田綠肥（秧田泡青）對於以一季中稻為主的水稻地區是完全有條件的、現實的。根據各地反映，問題不在於水稻播種期早，得不到足夠的青重或來不及腐解生效。而在於如果泡青太多，氮素太多，其他條件配合不上，如天陰多雨、陽光和溫度不夠，將造成爛秧或其他秧田病害等現象。顯然，這是利用綠肥的技術問題，不是用得用不得的問題。秧田泡青不可太多，在適量的基礎上，按照秧苗生長情況，配合施用追肥，是秧田的正確施肥法。用綠肥長得很好的田做秧田，應在壓綠肥之前割去一部分。

這裏還可以指出，根據秧田泡青的成功經驗，在推廣水稻直播的地帶，水稻田綠肥耕作制仍舊是可行的基本耕作制。

在磷肥方面，應該指出，綠肥中含有相當豐富的磷素，壓綠肥後，在土壤中轉化為植物能夠吸收的有效性磷。因為綠肥是完全肥料，突出的問題在於綠肥中的磷肥本身是要有來源的。因此，強調對綠肥作物施用磷質肥料，在水稻田綠肥耕作制中應該是一個重點。目前，對綠肥作物重視不夠，一般不願對它施肥。但各地試驗證明，對綠肥施肥是提高綠肥產量，從而將水稻田綠肥耕作制推向更高水平的關鍵措施之一，對綠肥作物施用磷質肥料，是間接的對主要作物施肥，這點在蘇聯的草田輪作制和其他綠肥耕作制的實踐中早就充分的證明了。肥效遲緩的磷質肥料，如磷礦石粉等更適合於施用於綠肥作物。

鉀肥應該和磷肥同樣看待，但水稻對鉀肥的需要性不很顯著，有關的試驗研究資料又少，這裏暫不討論。

關於磷鉀肥料在水稻土中的生物循環過程，過去還沒有研究過，今後應該重視，

必須了解其生物循環過程，才能够掌握科学的施肥方法。

根據現有的極少資料，十字花科植物，如肥田蘿卜等同化土壤中磷化物的能力比較強，這指出紫雲英（或苕子）和肥田蘿卜混播的優越性。農民經驗也證明混播綠肥比單播好，這點需要更深入的總結農民經驗和試驗研究。

最後，關於供給有機質方面。水稻田綠肥耕作制是目前有實踐基礎的、唯一能够普遍大量供給土壤以有機質的水稻耕作制。在討論這問題之前，首先要指出，杜庫查耶夫在他的經典著作中早就指出，黑鈣土含腐殖質豐富的原因是和多年生草本植被和它特定的自然條件分不開的。後來的學者們往往疏忽了特定自然條件，而希望通過種植多年生混合牧草，普遍的、機械的追求增加土壤腐殖質含量。這點，在近年來蘇聯的草田輪作制實踐中得到了充分的批判。土壤腐殖質含量的增減決定於：(i) 有機物質的供給量；(ii) 腐殖化過程的強弱；和 (iii) 礦物質化過程的強弱。在實行水稻田綠肥耕作制的特定地帶和特定條件之下，我們是否应当追求土壤腐殖質含量的不斷增長？土壤腐殖質含量應達到什麼要求才能保證土壤高度的肥力？這一點是還沒有解決的問題。根據在熱帶和亞熱帶、半濕潤和濕潤氣候區域土壤的有機質含量、腐殖質化過程等的一般規律來看，初步的意見認為不應該強調土壤腐殖質總量的不斷增加，重點應該放在不斷的供給新生的、活性腐殖質的問題上。

威廉斯及他的繼承者們指出：對土壤肥力有關的首要因素是新生的活性腐殖質，因此，如果每年不斷的供給新生的活性腐殖質，而不強求腐殖質總量的不斷增加，乃是我們努力的方向。水稻田的綠肥耕作制能够滿足這項要求，每年能供給新鮮的有機質材料，經過嫌氣性為主的腐殖化作用而產生新生的活性腐殖質。當然，關於水稻田中腐殖質的形成和變化的規律還要求我們更深入的研究。

以上是對於水稻田綠肥耕作制的概括介紹。本文的目的，與其說是說明水稻田綠肥耕作制的基本特性，不如說是希望對這問題引起注意和爭論。研究這個有實踐基礎、有發展前途的水稻耕作制的基本特性的重要性和迫切性是無可懷疑的。只有這樣，才能够建立科学的水稻耕作制度，適應於我國農業建設的要求。

總 結

本文主要分兩部分：

1. 討論水稻田土壤的基本特性（各地水稻土壤所共有的而且是水稻田土壤特有的）的發展。首先闡述水稻田土壤的外界環境條件，着重於地形和水文。其次討論到

水稻田土壤生物循環的發展，指出水稻田土壤的植物羣社特性為：水稻是主要植被，嫌氣性微生物是主要的非綠色植物；指出水稻田土壤有機物質來源的貧乏，和有機質礦化過程的相對旺盛。也討論了水稻田土壤剖面特徵的發展，着重指出鈣質的移動和澱積（由於生物化學的還原和氧化作用）。最後討論水稻田土壤保水性的發展。上述主要特性的發展都指出了水稻田土壤中生物過程的主導作用。由於水稻田土壤有共同的特性的發展，而且這些特性的發展是由於特殊的植物羣社的作用，水稻田土壤應看作為一個特殊的土壤類型——水稻土。至於它應作為一個土類或亞類，則是一個尚待解決的問題。

2. 討論水稻田的綠肥耕作制，分析組成這制度的各個主要環節，指出這制度的先進性，它是有實踐基礎的、有發展前途的一種水稻田的耕作制度。它以水稻為主要作物，綠肥為培育土壤肥力的基本措施，也可以包括其他冬季作物。按照不同情況製定的水稻田綠肥耕作制具有廣泛的實踐性，這制度能夠在提高土壤肥沃性的基礎上獲得高額而穩定的產量。指出以一季中熟稻為主要作物的水稻田綠肥耕作制的進一步提高，首先在於提高綠肥作物的單位面積產量，爭取每畝綠肥生產 5,000—6,000 斤的地上部分青重，因而使水稻田綠肥耕作制的種植指數提高到 $1\frac{1}{3}$ 。指出以雙季稻為主要作物的水稻田綠肥耕作制的關鍵問題，首先在於解決播種綠肥和土壤耕作之間的矛盾。對於上兩問題都指出了解決問題的途徑和有關的先進生產經驗，討論了爭取綠肥作物高產量的一系列的關鍵問題，包括：輪作制、品種和種籽的選擇和處理、單播綠肥和混播綠肥、灌溉和排水、土壤耕作法、根瘤細菌接種和施肥方法。並且強調指出，必須就整個水稻田綠肥耕作制來研究這制度的全面意義，不可孤立地將綠肥看作為一種施肥方法來和別種施肥方法比較某一方面的短長優劣。

參 考 文 獻

- [1] 朱選青、馬溶之、李慶遠，1941. 中國之土壤概述。土壤季刊，2 (1)，4—95。
- [2] 侯光燭，1941. 對於吾國土壤分類法之建議。土壤季刊，2 (1)，113—143。
- [3] 侯學煜，1950. 川黔境內水稻土與地形氣候和土壤的關係。中國土壤學會會誌，1 (3—4)，131—140。
- [4] 陳華癸，1952. 秧田泡青的試驗報告及討論。土壤學報，2 (1)，46—54。
- [5] 陳華癸、蕭澤宏，1948. 水稻田土壤中的無機氮質化合物。武漢大學理學季刊，9 (1)，79—88。
- [6] 熊 毅，1941. 水稻土的化學性質。土壤特刊，甲種第四號。
- [7] 1954 年 7 月農業部土壤肥料技術會議上交流經驗的筆記，本文摘引很多，又大都是綜合意見，未能詳引
出處。