

# 臺中地區土壤磷鉀含量對小麥磷鉀肥 效應之相關研究

王 銀 波

Winter Wheat Yield and Levels of PK in Soil and  
Plant Tissue as Affected by PK Fertilizers  
at Taichung Prefecture  
Yin-po Wang

本省近年來對土壤磷鉀素含量與磷鉀肥施用效果相關問題之研究，鉀素在甘蔗、水稻、鳳梨及甘薯，磷素在菸草已有相當成果(1. 2. 3. 4. 10. 11. 12. 13. 14.)

小麥為本省中部主要冬季裡作，民國五十五年種植面積達 14,507 公頃(15)，根據以往本省肥料示範與試驗結果(4. 5. 6. 8. 9. 10. 19.)，顯示磷鉀肥對小麥增產之效應頗為明顯。又何昭仁氏於 52 53 年度在中部舉辦之小麥鉀肥示範初步發現土壤交換性鉀與無鉀產量百分率間有接近顯著標準之相關( $r=0.647$ ,  $n=7$ )，當土壤交換性含鉀量在 80ppm 以下時施鉀肥可得增產(18)。作者為深求土壤磷鉀素與磷鉀肥效應相關關係於民國 55/56 年冬先在本省小麥主要產地台中縣舉辦本試驗，期能找出不同土壤在不同磷鉀含量下之磷鉀肥推薦量。并以小麥葉片分析值求其與產量之相關性與臨界濃度，使其在實際施肥上可以應用。本報告僅包括黃壤與非石灰性粘板岩、砂岩沖積土部份，其他土類則擬以後繼續完成，本研究承蒙吳主任敏慧鼓勵與指導，在此謹致萬分謝意。經費方面承蒙農復會惠予補助，並該會技正步博士焱昇賜予教言，一併深致謝意。

## 一、試 驗 方 法

(一) 土壤鑑別及選地：民國 55 年 9 月下旬依據中興大學土壤概圖在台中縣內之黃壤與非石灰性粘板岩砂岩沖積土，觀察其土壤剖面 70 處以上，選擇排水尚佳之地再依剖面性質各土類選擇 20 處。此項工作，承蒙土壤調查專家王明果先生協助鑑定。

選地時，就當時水田狀態下依耕犁層厚度取 15~20 公分深 20 點為表土樣品，混合後以供分析之用。根據醋酸銨法測其交換性鉀及 Bray No. 2 法測有效性磷供選地之參考，二類土壤各選一處為磷鉀肥適量試驗地外，另選黃壤 8 處，非石灰性粘板岩沖積土 9 處為觀察地。

(二) 土壤測定：前述經決定選用之地在水稻收穫後，整地前，重新採土一次，進行交換性鉀，非交換性鉀，有效性鉀(17) (Egner 法 PH3.6 0.640 乳酸鈣溶提法) 交換性鈣鎂，有機質，PH，土壤質地及 C.E.C. 之測定。

(三) 田間試驗：田間方面，分試驗及觀察兩種設計，在台中縣之 6 個小麥主要產地鄉鎮舉行，每鄉鎮設 2~5 處(表 1.2)。

## 1. 處理：

(1) 試驗區部份：分  $P_2K_0$ ,  $P_2K_1$ ,  $P_2K_2$ ,  $P_2K_3$ ,  $P_1K_0$  及  $P_0K_0$  六種處理磷肥用量  $P_0, P_1$  及  $P_2$  代表每公頃分別施用 0, 45 及 90 公斤  $P_2O_5$ , 鉀肥用量  $K_0, K_1, K_2$  及  $K_3$  分別代表每公頃用 0, 30, 60 及 90 公斤  $K_2O$ 。氮肥用量固定為 100 公斤/公頃。

(2) 觀察區部份：分  $PK_0$ ,  $PK_1$ ,  $PK_2$  及  $P_0K_2$  四種處理。磷肥用量  $P_0$  與  $P$  代表每公頃施用 0 與 90 公斤  $P_2O_5$ , 鉀肥用量  $K_0, K_1$  及  $K_2$  代表每公頃分別施用 0, 45 及 90 公斤  $K_2O$ , 氮肥固定用 100 公斤/公頃, 惟表 1 中  $G_1$ ,  $G_2$  及  $G_3$  因生育期發現缺氮各再於第二次追肥後另增施 20 kg/ha N。

2. 設計：採用逢機完全區集法，試驗區重複四次，觀察區重複兩次。小區面積為  $7m \times 3.5m = 24.5m^2$ ，每小區條播 7 行，行距為 0.5 m，收穫時邊行不計。

3. 播種及收穫日期：全部試驗觀察區 19 處於民國 55 年 11 月 3 日至 11 月 23 日間播種，播種時採用寬條播法，56 年 3 月 2 日至 4 月 17 日間收穫。

4. 品種：採用台中 31 號。

5. 施肥方法：氮、磷、鉀分別採用硫酸銨，過磷酸鈣及氯化鉀。以全部磷肥半量鉀肥及 40% 氮肥作基肥於播種前施於植溝內覆蓋薄土後播種，另半量鉀肥及 40% 氮肥於播種後 20 天作第 1 次追肥施用，餘 20% 氮肥播種後 45 天施用。

(四) 葉片分析：小麥於播種後 20 天，開花期及收穫前，每小區隨機採取 25 株，採用自先端數起之全展葉第一、二葉計 50 片<sup>(16)</sup>，將同一處理之各小區（試驗 4 小區，觀察 2 小區）合併作為該處理之綜合樣本。分析時先用硫酸、硝酸、過氯酸混合酸液分解<sup>(20)</sup>，磷鉀含量分別用鉬藍法比色及焰光儀測定之。

## 二、試驗結果與討論

茲將本報告有關部份各項調查資料，試驗區統計分析結果，土壤及葉片分析結果列如表 1，表 2 3。

(一) 土壤有效性鉀，交換性鉀與非交換性鉀，葉片含鉀量，施鉀增產效果間之相關。

### 1. 土壤有效性鉀與交換性鉀：

在不分土類情形下，十九處土壤其交換性鉀含量與 Egner 法有效性鉀含量呈直線相關，並達極顯著標準 ( $r = 0.975^{**}$ ) (圖 1)。此說明兩種分析法數值似可互相代替應用。

### 2. Egner 法有效性鉀與葉片含鉀量：

小麥葉片鉀素濃度與土壤有效性鉀含量之相關情形，依葉片採樣時期而異。播種後 20 天所採樣者於有效性鉀 50 ppm 以下時，兩者之間成直線關係 ( $r = 0.591$ )；收穫時所採者，兩者之間成半對數曲線關係 ( $r = 0.464$ )。此二時期所採葉片其相關係數均僅達顯著標準相關不理想，似因在生長初期鉀素之吸收受其他因子干擾較大，以及收穫期小麥葉片組織中鉀素可能遭受淋失所致。但在開花時期所採者，土壤有效性鉀含量與葉片全鉀之半對數曲線相關達極顯著標準 ( $r = 0.862$ )。(圖 2)。由此可證明 Egner 法有效性鉀確能判斷土壤鉀素肥力高低之指數。

### 3. 交換性鉀與葉片含鉀量

由圖 3 上，播種後 20 天與收穫期所採葉片，因受其他因子干擾較大，致相關不顯著外，在開花期所採者，結果交換性鉀與葉片全鉀之半對數曲線相關極為顯著 ( $r = 0.823$ )。此說明交換性鉀亦能作為判斷土壤供應鉀素能力之指數，惟其相關情形較有效性鉀略低。

### 4. 非交換性鉀與葉片含鉀量：

無論何時期採樣，結果非交換性鉀與葉片含鉀量間相關均未達顯著標準（表 3）。此說明非交換性鉀不能作為判斷土壤鉀素肥力高低之指數。

#### 5. 有效性鉀與施鉀增產效果間：

有效性鉀與無鉀區產量百分率之相關情形於不分土類且有效性鉀含量在 50ppm 以下時，兩者之間成直線相關並達顯著標準（ $r=0.546$ ）；而非石灰性粘板岩砂岩沖積土單獨以及有效性鉀含量在 50ppm 以下時，兩者之間則成半對數曲線關係，亦達顯著標準（ $r=0.743$ ）（圖 4）。如將黃壤單獨分開，則本試驗所採用試地恰其含鉀量除 Y<sub>1</sub> 區外因大部份均在 20~30ppm 間含量範圍甚狹，故未能判斷兩者之相關情形。

無論不分土類或非石灰粘板岩砂岩沖積土單獨下，依迴歸綫之趨勢而言，土壤有效性鉀含量達 45ppm 時，無鉀區小麥實產量可達最高產量之 97% 即施鉀可增產 3%，（此增產量依本試驗生產水準言在經濟限度以內）亦即有效性鉀臨界濃度為 45ppm，在此含量以下即為缺鉀。

#### 6. 交換性鉀與施鉀增產效果間：

非石灰性粘板岩砂岩沖積土其土壤交換性鉀和無鉀區產量百分率之相關，可用半對數曲線表示之（圖 5），其相關達顯著標準（ $r=0.674$ ）。經濟臨界濃度為 55ppm。

黃壤土類除 Y<sub>1</sub> 區外，餘其交換性鉀含量均分佈在 20~30ppm 之間，且在此含鉀量間，施鉀效應受其他因子干擾甚大，因此未能作為判斷臨界濃度之依據。

#### 7. 非交換性鉀與施鉀增產效果間：

由土壤交換性鉀含量與小麥葉片含鉀量間之關係雖未達顯著標準，理論上用非交換性鉀判斷土壤供應鉀素能力似無實際應用之價值。然圖 6 上，非交換性鉀與無鉀區產量百分率之相關情形，在黃壤與非石灰性粘板岩砂岩沖積土上綜合情形下，可用半對數曲線表示，且達顯著標準（ $r=0.552$ ）其經濟臨界濃度為 280ppm。

#### 8. 其他因素對有效性鉀，交換性鉀，非交換性鉀與施鉀效應間相關之影響：

(1) 土壤之影響：圖 4. 5. 6. 上兩大土類之分佈情形，并未成兩條明顯獨立曲綫，或直綫而均滲雜聚合在同一曲綫附近。可知兩種土類之不同上述相關關係作用，無論黃壤或石灰性粘板岩砂岩沖積土均可採用同一曲綫推測，藉以評分鉀素供應力之高低，惟在黃壤因所選試驗地除 Y<sub>1</sub> 區外，恰其交換性與有效性鉀含量均在 20~30ppm 間，在圖 4 與 5 上各點之上下分佈頗分散，就本試驗結果言，用非交換性鉀亦頗適宜而非石灰性粘板岩砂岩沖積土則採用有效性鉀較宜，因其與鉀效之相關較高。

(2) 氮素之影響：圖 4. 5. 上 G<sub>1</sub>，G<sub>2</sub> 及 G<sub>3</sub> 等三區生育期間，發現葉色較黃，缺氮現象。故於第二次施用追肥時，氮肥用量較原定用量因增施 20kg/ha N 增施氮肥後，雖見生長好轉，但 G<sub>1</sub> 區缺氮特別嚴重，雖增施仍感不足，植體一直呈現黃色，G<sub>2</sub>，G<sub>3</sub> 區增施氮肥後，葉鞘轉綠，僅葉片繼續呈黃色。在此缺氮情形下氮肥可能成為生產限制因子降低鉀效，在嚴重缺氮時而土壤鉀素肥力很高如 G<sub>1</sub> 區施鉀可能導致減產。圖上 G<sub>1</sub>，G<sub>3</sub> 區無鉀區產量百分率分佈在迴歸綫上方，表示氮素不足，鉀肥效果遠較理論為低。至於 G<sub>2</sub> 區單位面積麥實產量特低，因缺氮干擾降低鉀效情形，可能受其他未明干擾提高鉀效因子抵銷而不明顯。

(3) 內部排水情形：G<sub>1</sub>，G<sub>2</sub>，G<sub>3</sub>，G<sub>4</sub> 及 G<sub>5</sub> 等五區內部排水不良（表 1，圖 4）其中 G<sub>1</sub>，G<sub>2</sub> 及 G<sub>3</sub> 等區因生產期間發生缺氮應視為情形特殊外，其餘 G<sub>4</sub> 及 G<sub>5</sub> 兩區，其無鉀區產量百分率均分佈在迴歸綫之下方，亦即鉀效提高，實與內部排水差時通氣不佳土壤鉀素不易吸收，致使鉀效較一般提高之理論相符。

(4) 播種期：G<sub>5</sub> 區播種期最晚（11 月 23 日播種）致產量特低，由圖 4. 5. 6. 上 G<sub>5</sub> 區無鉀區

產量百分率均在迴歸綫之下方，可知播種過晚鉀肥效果遠較理論為高。

#### 9. 葉片含鉀量與施鉀增產效果：

由圖 7 葉片含鉀量與麥實產量百分率之關係，顯示開花期葉片含鉀量達 1.8% 時無鉀區產量可達最高產量之 97%，理論上在此濃度以下施鉀可得經濟之增產，又由圖 2.3. 上有效性鉀與交換性鉀經濟臨界濃度分別為 45 及 55 ppm 時，其理論小麥葉片含鉀量亦為 1.8% (圖 2.3.) 相吻合因此可證明開花期 1.8%K 確為葉片鉀素之缺乏經濟臨界濃度。

#### (二) 土壤有效性磷，葉片含磷量，施磷增產效果之相關

##### 1. 有效性磷與葉片含磷量：

以 Bray 第二法測定之有效性磷含量與不同期葉片含磷量求相關係數結果 (圖 8) 播種後 20 天與開花期之直綫相關均不顯著 ( $r=0.411$  與  $0.301$ )。但在收穫期所採葉片，如將土壤質地分開則壤土之直綫相關達極顯著標準 ( $r=0.951^{**}$ )；而在粘質土則相關不顯著 ( $r=0.470$ )，由此可知 Bray 第二法如按質地分類似尚有實際應用價值。

圖 8 上土壤有效性磷含量與收穫時葉片含磷量之關係顯示壤土之迴歸綫在粘質土迴歸綫上方，但其迴歸綫的坡度較粘質土小顯然表示輕質地土壤中磷素之擴散較速故磷素之吸收受含量之影響較少，而粘質土壤中則磷素擴散慢故磷素吸收受單位土壤中磷素濃度高低之影響較大。

##### 2. 有效性磷與施磷增產之效果：

Bray 第二法有效性磷含量與無磷區產量百分率間在含磷量 80ppm 以下之 16 區 ( $Y_1$  區因僅此點含磷量特高不計另  $Y_2$ ， $Y_3$  兩區受發芽率差之干擾亦不予計算) 中，直綫相關為  $r=0.471$ ，此相關係數甚接近顯著標準 ( $r=0.497$ ) 可知有效性磷含量與施磷增產效果間確有相當關係存在今以無磷區以最高產量之 95% 為經濟施肥有效界限，則土壤有效性磷之有效臨界濃度為 75ppm。

##### 3. 其他因素對有效性磷與磷肥效應間相關之影響

(1) 土壤之影響：圖 9 上之黃壤與非石灰性非板岩砂岩沖積土之相關并無分開為兩條直綫或曲綫之趨勢表示兩種土類有效性磷與磷肥效應間并無影響可言。

(2) 土壤質地：雖然由圖 8 上土壤有效性磷含量與收穫期葉片含磷量之關係，顯示由於輕質土之磷素較粘質土容易吸收，致其磷素吸收受土壤之磷素含量之影響較小之趨勢，但由圖 9 上土壤有效性磷含量對於小麥施磷效應之影響上則表示土壤質地間并無顯著影響。

(3) 播種期：圖 9 上  $G_6$  區播種期特別晚 (11 月 23 日)，其無磷區產量百分率在迴歸綫之下方，可知播種期過晚時，同水準之肥力其磷肥之效果較理論為大。

(4) 磷肥對發芽率之影響：圖 9 上  $G_5$ ， $G_7$  兩區無磷處理區初期田間觀察發現發芽率極差，致使其施磷效果特大，其無磷區產量百分率在迴歸綫之極下方，表示當無磷區如因不施磷肥影響發芽率時其磷肥效果較理論為大 (5.5.)。

##### 4. 葉片含磷量與施磷增產效果：

圖 10 表示無論播種後 20 天，開花期或收穫期之葉片含磷量與無鉀區麥實產量百分率之相關不明顯。因葉片含磷量與施磷增產效果間關係不明。故各時期葉片含磷量之缺磷臨界濃度亦未克判斷。

#### (三) 肥料推薦量：

##### 1. 磷肥

由表 2.3. 上  $Y_9$  及  $G_{10}$  二處試驗區，初施 45 公斤/公頃  $P_2O_5$  與不施間增產效果不明顯，但再施 45 公斤/公頃  $P_2O_5$  與初施 45 公斤/公頃  $P_2O_5$  或不施磷肥間各分別增產麥實  $Y_9$  時為 289 或 315 公斤/公頃及  $G_{10}$  時為 321 或 309 公斤/公頃其差異在  $Y_9$  區達顯著標準而在  $G_{10}$  區亦達顯著標準。施用 90 公斤/公頃  $P_2O_5$  如計算施肥純利如以麥實為 4.5 元/公斤， $P_2O_5$  為 9.45 元/公斤時， $Y_9$

及  $G_1$  則每公頃各得 594 及 540 元純利。此說明兩區土壤有效性磷含量雖均重達 65~69ppm 但初施 45 公斤/公頃  $P_2O_5$  可能因量少被土壤固定，未能發揮肥效經施用 90 公斤/公頃  $P_2O_5$  量才能發揮肥效并得施肥純利。又以土壤有效性磷含量在施肥有效臨界濃度 75ppm 以下之 16 觀察區中 12 區施用 90 公斤/公頃  $P_2O_5$  其增產值均超過肥料費（施用 90 公斤  $P_2O_5$  可增 190 公斤以上麥實始合算）僅 4 區施磷肥不合算。

本試驗僅 2 處試驗區  $P_2O_5$  用量分 0.45 及 90 公斤/公頃三級，17 觀察區  $P_2O_5$  用量則僅分 0.90 公斤/公頃二級，雖無法判斷在不同土壤磷素含量情形下之磷肥經濟用量，但如考慮到二區試驗區其有效性磷含量達 65~69ppm 間，其初施 45 公斤/公頃  $P_2O_5$  無效，須需再施 45Kg/ha  $P_2O_5$  始有效以及其在有效性磷臨界濃度 75ppm 以下時 16 處觀察區中 12 區施磷肥可得經濟增產言，則在土壤有效性磷含量較臨界濃度（75ppm）稍低時似可建議每公頃施用 60 公斤  $P_2O_5$  土壤  $P_2O_5$  含量頗低時，則施用 90 公斤。

## 2 鉀肥：

根據兩處土壤含鉀量頗低試驗區鉀肥之適量平準以及各觀察區經濟施鉀量（以收穫時麥實 4.5 元/公斤及  $K_2O$  5.0 元/公斤計，倘每公頃施 45 公斤  $K_2O$  應增產 50 公斤麥實以上始為經濟，如施用 90 公斤  $K_2O$  則需較施用 45Kg  $K_2O$  再增產 50 公斤麥實以上始合算），依 Egner 法有效性鉀含量級別綜合施鉀推荐量如表 4。表 4 施鉀推荐量在實用上，應視局部情形再予適當之調節。例如生產水準高時，或土壤內部排水不良時，可酌量增加施用量。

## 三、摘要與結論

- (一) 民國 55 年冬小麥在台中縣精選代表性之黃壤 9 區及非石灰性粘板岩砂岩沖積土 10 區，進行田間小麥磷鉀肥試驗與觀察，以探求土壤磷鉀含量與磷鉀肥效之相關關係及此等相關所受土類與栽培因素之干擾情形。
- (二) 土壤交換性鉀與 Egner 法所測得之有效性鉀含量間，呈直綫相關并達極顯著標準 ( $r=0.975$ )。
- (三) Egner 法土壤有效性鉀與土壤交換性鉀對小麥播種後 20 天，開花期及收穫期等三時期之葉片含鉀量相關而言，以開花期葉片含鉀量關係最密切，并均達極顯著標準且其相關係數相差不大，惟以有效性鉀略佳。此說明 Egner 法有效性鉀與土壤交換性鉀含量皆能作為判斷土壤鉀素肥力高低之指數。至於土壤非交換性鉀對前述三時期之葉片含鉀量間之相關均未達顯著標準，亦即說明非交換性鉀并非土壤對小麥供應鉀素之能力可靠指數。
- (四) 在不分土類或非石灰性粘板岩砂岩沖積土單獨情形下 Egner 法有效性鉀含量與施鉀增產效果間之關係，分別可用直綫與半對數曲綫表示其相關係數達顯著標準 ( $r=0.546$  與  $0.743$ )。倘以無鉀區產量百分率達最高產量之 97% 為經濟限度，則有效性鉀臨界濃度兩者均為 45ppm。就土壤交換性鉀含量與施鉀增產效果間之關係，僅在非石灰性粘板岩砂岩沖積土成顯著之半對數曲綫相關 ( $r=0.674$ )，其經濟臨界濃度為 55ppm。在不分土類下土壤非交換性鉀與施鉀增產效果間之關係亦可用半對數曲綫表示，并達顯著標準 ( $r=0.552$ )，其經濟臨界值為 280ppm。
- (五) 黃壤與非石灰性粘板岩砂岩沖積土兩類土壤之差異，對土壤鉀素與鉀肥效果間相關之干擾不明顯，但非石灰性粘板岩砂岩沖積土部份地區內部排水較差，致土壤通氣不佳，影響土壤鉀素不易吸收，其鉀效較同一土壤鉀素含量平準者為高。又氮肥施用量不足情形下氮素成為限制因子時鉀肥效應較理論為低。播種期過晚，鉀效較理論為高。
- (六) 開花期葉片乾物中鉀素之缺乏臨界濃度為 1.84% (K)，在此含量以下時可謂缺鉀，增施鉀肥一般

可得經濟增產。

(七) Bray 第二法之土壤有效性磷與葉片含磷量之相關僅在收穫期之壤質土上，呈直綫相關并達極顯著標準 ( $r=0.951$ ) 而在粘質土壤則否。此說明 Bray 第二法在質地不過分粘重之土壤上應用價值可能較高。

(八) 土壤有效性磷含量與施磷增產效果間之關係，如用直綫表示，其相關係數接近顯著標準 ( $r = 0.471$ ) 可知兩者間尚有相當關係存在。倘以無磷區產量百分率達最高產量之 95% 為經濟施肥有效界限則其有效性磷之臨界濃度似為 75ppm。

(九) 土類、土壤質地對於土壤有效性磷與施磷肥效果間之相關關係并無明顯之干擾。但在播種過晚或無磷區發芽率差時，則磷肥之效果較理論提高頗多。

(十) 播種後 20 天，開花期及收穫期三個時期葉片含磷量與施磷增產效果間之關係不明顯。各時期臨界濃度亦不明。

(十一) 根據試驗區經濟施磷量與觀察區磷肥效果情形言，土壤有效性磷含量在 75ppm 以下時，每公頃如僅建議施用 45 公斤，有被固定而不能發揮效果，故缺乏嚴重時可施 90 公斤，不甚缺時（稍低於 75ppm）以 60 公斤為宜。

(十二) 根據各區經濟施鉀量查定結果建議各級 Egner 法有效性鉀之每公頃  $K_2O$  用量如下：

< 30ppm : 60 ~ 90 公斤

30 ~ 45ppm: 45 ~ 60 公斤

> 45ppm : 0 ~ 45 公斤

#### 四、參 考 文 獻

- (1) 王接皇、曾憲鼎 (1962):  
紅壤有效性磷及鉀素與水稻效應之相關研究 中華農學會報 40:50 ~ 62。
- (2) 方士烈、莊作權、謝德上 (1966):  
蔗田土壤有效性磷化學速測法之研究 台灣糖業試驗所研究彙報第 41:35 ~ 43。
- (3) 何昭仁、湯兆南、盛澄淵、蘇楠榮 (1966):  
土壤與葉片中鉀素及甘藷鉀效之相關研究 中華農學會報新 54:49 ~ 63。
- (4) 林國謙、吳啓東 (1956):  
小麥施肥適量試驗 農業研究 6:1:29 ~ 40。
- (5) 林國謙 (1959):  
鉀肥對小麥之肥效 科學農業 7:12:254 ~ 255。
- (6) 許新民、賴慶亮 (1956):  
小麥肥料示範試驗 農業研究 6:3:47 ~ 52。
- (7) 莊作權、方士烈、陳森泉、李風文、沈金順、李進發、雷通明 (1966):  
蔗田土壤肥力速測法之研究 台灣糖業試驗所研究試驗報告 54 ~ 55 年期。
- (8) 盛澄淵 (1961):  
作物施肥法 啓文出版社
- (9) 盛澄淵 (1963):  
台灣雜作合理施肥量與施肥增產可能性之研究 農林學報 12:353 ~ 374。
- (10) 盛澄淵、蘇楠榮、林銅鐘、馮明彬 (1964):

桃園紅壤磷鉀含量與水稻營養及肥料效應之關係 中華農學會報新 48:18 ~ 34。

- (11) 蔡清棻、凌克昌、陳茂淵、謝學賢 (1966):  
土壤磷含量與菸草效應之關係 台灣省菸酒公賣局菸葉試驗所民國 55 年度年報 91 ~ 104。
- (12) 趙峻田 (1954):  
台灣蔗田土壤肥力之研究 VI 土壤中交換性鉀與甘蔗對鉀肥效應之關係 台灣糖業試驗所彙報 12:131 ~ 145。
- (13) 趙峻田、李風文 (1954):  
台灣蔗田土壤肥力之研究 V 土壤中各種有效性磷之相關 台灣糖業試驗所研究彙報 12:120 ~ 130。
- (14) 蘇楠榮 (1961):  
台灣鳳梨土壤之鉀素需要情形 斗六實驗農場試驗報告 27:1 ~ 15。
- (15) 台灣省政府農林廳 (1967):  
台灣農業年報 85。
- (16) Chapman, H.D. (1966):  
Diagnostic criteria for plants and soils ( published by University of California, Division of Agricultural Science )
- (17) Egner H. (1938):  
Ann. Lawdw Hochsch Upsala Sweden 523。
- (18) Ho, C.T. (unpublish)  
Report on wheat K demonstration in Centrol Taiwan in 1963/64
- (19) Iso, Ekich. (1954):  
Rice and Crops in its rotation in subtropical zones Japan FAO Associ-  
ation 521 ~ 563。
- (20) Piper. C.S. (1950):  
Soil and Plant analysis Inter science publishers, New York.

表1, 觀察區小麥實產量  
Table 1 The Yields of grain in Various observation field.

土 類 Soil group	試區號碼 Field No	地點與農民 Location	麥 實 產 量 Grain yield (Kg/ha)				產量百分率 Percentage Yield		排水情形 Drainage**
			PK <sub>0</sub>	PK <sub>1</sub>	PK <sub>2</sub>	P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	PK <sub>2</sub> / PK <sub>0</sub>	PK <sub>0</sub> / PK <sub>2</sub> *	
黃 壤 Yellow earth	Y <sub>1</sub>	神岡社南 張銓福	3,423	3,503	3,603	3,466	96.2	95.0	W
	Y <sub>2</sub>	神岡三角 楊 波	3,429	3,423	3,532	3,343	94.6	97.1	W
	Y <sub>3</sub>	神岡北庄 吳源煌	2,909	3,423	3,458	3,280	94.9	84.1	W
	Y <sub>4</sub>	潭子大富 游好丁	2,560	2,920	2,949	2,706	91.8	86.8	W
	Y <sub>5</sub>	潭子東寶 張乾祺	2,452	3,218	3,129	1,338	42.8	76.2	W
	Y <sub>6</sub>	潭子大半 呂廷漢	2,243	2,772	3,057	2,772	90.7	73.4	W
	Y <sub>7</sub>	大雅橫山 張清標	1,549	1,772	1,863	1,143	61.4	83.1	W
	Y <sub>8</sub>	大雅三和 呂 全	1,600	2,489	2,583	2,103	81.4	61.9	W
非石灰性粘板岩 砂岩冲積土 Non-calcareous slate and sand stone alluvial soil	G <sub>1</sub>	清水南社 蔣 份	2,192	1,914	1,800	1,963	109.1	114.5	P
	G <sub>2</sub>	清水南社 蔣 全	1,229	1,292	1,372	1,029	75.0	89.6	P
	G <sub>3</sub>	清水下南 杜梅芬	1,723	2,258	2,526	2,486	98.4	68.2	W
	G <sub>4</sub>	清水繁峯 蔡世松	1,872	1,786	1,937	1,692	87.4	96.6	P
	G <sub>5</sub>	大安福興 張文彩	1,651	1,823	1,843	1,572	85.3	89.6	P
	G <sub>6</sub>	大安龜殼 李雙慶	1,943	1,903	2,029	1,752	86.3	95.8	W
	G <sub>7</sub>	大甲龍泉 郭江永	2,735	2,939	2,888	2,553	88.4	93.1	M
	G <sub>8</sub>	大甲龍泉 劉 崑	1,833	2,172	2,231	2,020	90.5	82.2	P
	G <sub>9</sub>	大甲幸福 陳木荃	729	1,066	1,146	723	63.1	63.6	W

註 : \*K<sub>0</sub>區產量百分率以施鉀區最高產量處理(即K<sub>1</sub>或K<sub>2</sub>兩處理中之較高者)為100  
Remark: \*Percentage yield of K is based on the yield of K<sub>1</sub> or K<sub>2</sub> as 100 depending on which of the two gave the highest yield.

\*\*排水情形, P為不良, M為中等, W為良好。

\*\* P: poor M: moderate W: well.

表 2 磷鉀肥適量試驗區小麥麥實產量  
 Table 2 The yield of grain in the optimum  
 PK fertilizers trials

土 類 Soil group	試區號碼 Field No.	地 點 與農民 Loca- tion	處 理 Treat- ment	產 量 Yield (Kg/ha)	差 異 Difference	L. S. D	產量百分率 Percentage Yield		排 水 情 形 Drain- age	
							$\frac{P_0K_0}{P_2K_0}$	$\frac{P_2K_0}{P_1K_0}$		
黃 壤 Yellow earth	Y <sub>0</sub>	大 雅 橫 林 文 雄	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	2,471		}	5% 199	88.5	86.6	W
			P <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	2,503	-32					
			P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	2,792	-321** -289**					
			P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	2,449	343**					
			P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,576	216* -127					
			P <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	2,419	379** 30 157					
非 石 灰 性 粘 板 岩 砂 岩 冲 積 土 Non - calcareous slate and sand store alluvial soil	G <sub>10</sub>	清 水 國 姓 王 長	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1,903		}	5% 243	86.0	72.8	W
			P <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	1,897	6					
			P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	2,212	-309* -315*					
			P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,089	123					
			P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	1,814	398** 275**					
			P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	1,611	601** 478** 203					

表 3 土壤與葉片分析表

Table 3 Analytical data of soil and blade samples

土類 Soil group	試區號碼 Field No.	質地 Texture	PH	陽離子交換能 量 C. E. C. (me/100g)	有機質 Organic matter (%)	有效性磷 Available P Bray No. 2 (ppm)	有效性鉀 Avail- able K Egner's (ppm)	交換性鉀 Exch. K (ppm)	非交換 性鉀 Non- exch K (ppm)	游離與交 換性鈣 Free and exch Ca (me/100g)	游離與交 換性鎂 Free and exch Mg (me/100g)	無磷區葉片全磷 Total P in blade of Po plot (%)			無鉀區葉片全鉀 Total K in blade of K <sub>0</sub> Plot (%)		
												播種後 20天 20 days after sawing	開花期 Flower- ing	收穫期 Harvest- ing	播種後 20天 20 days after sawing	開花期 Flower- ing	收穫期 Harvest- ing
黃 壤 Yellow earth	Y <sub>1</sub>	L.	5.43	6.81	2.25	116	29	28	215	3.41	0.73	0.42	0.29	0.29	3.75	1.18	0.62
	Y <sub>2</sub>	C.L.	5.6	7.06	2.43	69	28	28	218	4.20	0.56	0.34	0.22	0.16	2.35	1.33	0.38
	Y <sub>3</sub>	Si.CL.	5.2	7.25	2.41	51	26	29	236	3.67	0.63	0.47	0.35	0.13	5.21	1.11	0.27
	Y <sub>4</sub>	C.L.	5.3	7.45	2.15	62	26	27	248	3.61	0.77	0.22	0.31	0.08	2.65	1.32	0.27
	Y <sub>5</sub>	L.	5.4	5.23	1.67	55	25	20	171	2.83	0.33	0.30	0.27	0.23	3.53	1.19	0.60
	Y <sub>6</sub>	C.L.	4.8	6.80	2.28	48	28	31	223	3.38	0.57	0.31	0.30	0.08	2.42	1.08	0.38
	Y <sub>7</sub>	C.L.	5.5	6.95	2.65	66	77	94	165	4.18	0.75	0.21	0.24	0.19	3.20	2.27	0.81
	Y <sub>8</sub>	C.L.	5.1	7.38	2.85	55	23	29	179	3.77	0.80	0.28	0.25	0.15	1.50	0.77	0.32
	Y <sub>9</sub>	C.L.	5.5	6.74	2.40	69	25	29	193	3.64	0.67	0.35	0.32	0.25	3.47	1.33	0.62
非 石 灰 性 粘 板 岩 砂 岩 沖 積 土 Non-calcareous slate and sand stone aluvial soil	G <sub>1</sub>	Si.CL.	6.7	20.13	5.41	74	74	104	289	16.10	3.86	0.37	0.30	0.20	3.93	2.04	0.54
	G <sub>2</sub>	C.L.	6.0	10.23	2.96	43	36	47	291	8.72	3.34	0.27	0.31	0.18	3.02	1.48	0.59
	G <sub>3</sub>	C.L.	5.0	7.01	2.13	42	26	30	217	3.72	0.70	0.30	0.24	0.13	2.67	1.04	0.61
	G <sub>4</sub>	C.L.	6.2	10.92	2.98	60	31	41	247	8.54	2.52	0.41	0.32	0.24	2.84	1.77	0.72
	G <sub>5</sub>	L.	5.9	5.71	2.06	55	47	49	189	3.83	0.90	0.41	0.30	0.21	4.86	1.70	0.59
	G <sub>6</sub>	L.	5.5	5.84	1.53	64	32	35	220	3.23	0.87	0.34	0.23	0.22	4.11	1.65	0.63
	G <sub>7</sub>	L.	6.8	5.84	1.18	23	40	44	264	4.68	1.20	0.25	0.21	0.17	4.15	2.01	0.42
	G <sub>8</sub>	L.	6.1	6.29	2.12	65	36	46	204	5.12	1.21	0.28	0.20	0.24	3.64	1.92	0.64
	G <sub>9</sub>	L.	5.5	6.84	2.13	34	22	31	218	4.49	1.25	0.24	0.13	0.21	1.84	1.02	0.48
	G <sub>10</sub>	L.	6.3	8.47	2.36	65	24	26	198	6.46	1.55	0.47	0.32	0.23	2.24	1.20	0.48

表 4 土壤有效性鉀之含量經濟施鉀量及試驗觀察區數之分佈情形

Table 4 Distribution of number of trials and observations according to the found economical rate of potash with in various ranges of soil available K content and the recommended rate of  $K_2O$  for wheat.

試驗觀察區經濟施鉀量 Economic rate of $K_2O$ (Kg/ha)		0	45	90	$K_2O$ 推荐量 Recommedadies rate of $K_2O$ (Kg/ha)
有效性鉀含量 Egner's Avail- able K (ppm)	< 30	—	3	8	60 ~ 90
	30 ~ 45	2	2	2	45 ~ 90
	> 45	1	—	1	0 ~ 45

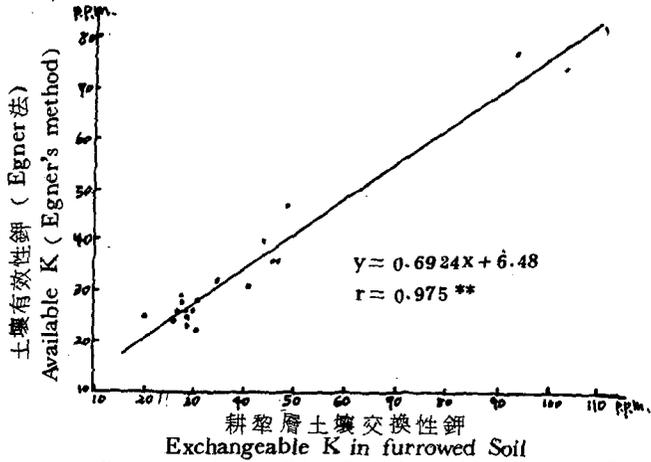


圖 1: 土壤交換性鉀含量與土壤有效性鉀含量之關係  
Fig. 1 The relation between the soil exchangeable K content and soil available K content

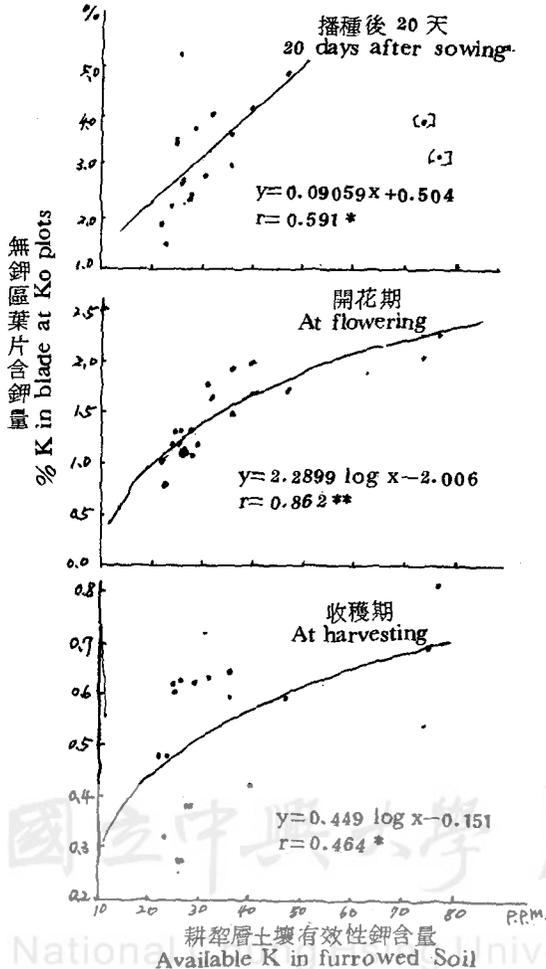


圖 2: 土壤有效性鉀含量與不同時期葉片含鉀量之關係  
Fig. 2 The relations between the available K content of soil and the concentration of potassium in wheat blade at different stages

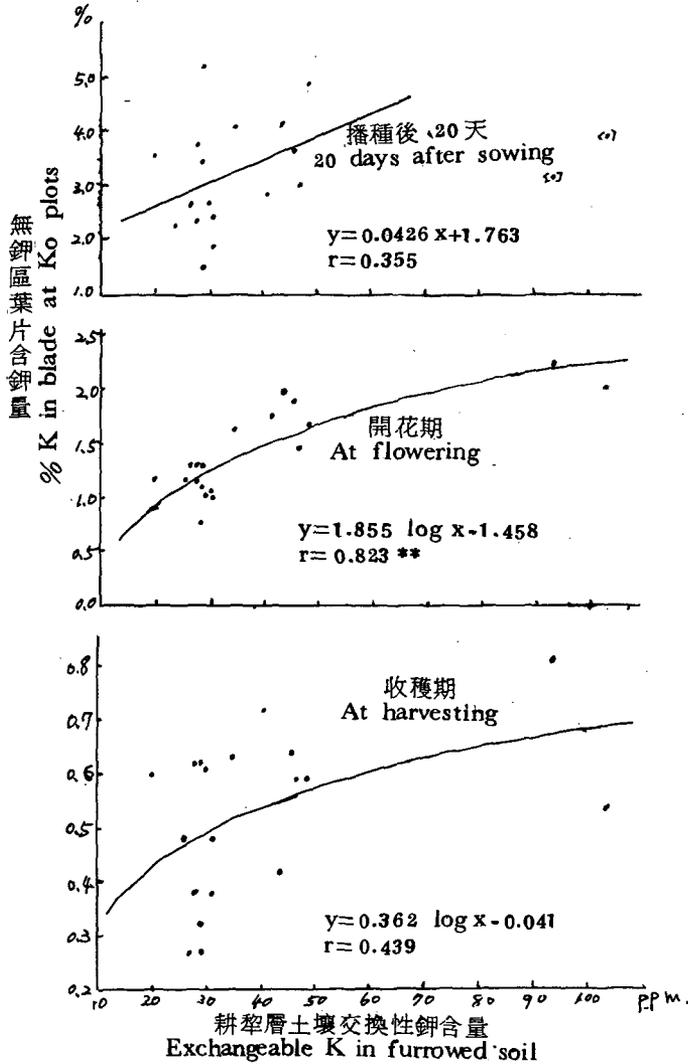


圖 3. 土壤交換性鉀含量與不同時期葉片含鉀量之關係  
 Fig. 3. The relation between the exchangeable K content of soil and the K concentration in wheat blade at different stages

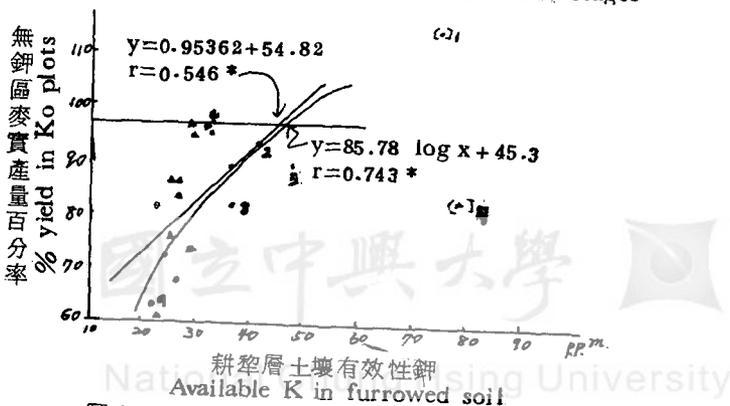


圖 4. 土壤有效鉀含量對於小麥施鉀效應之影響  
 Fig. 4. Effect of the soil available K content on the response of wheat grain yield to applied potash

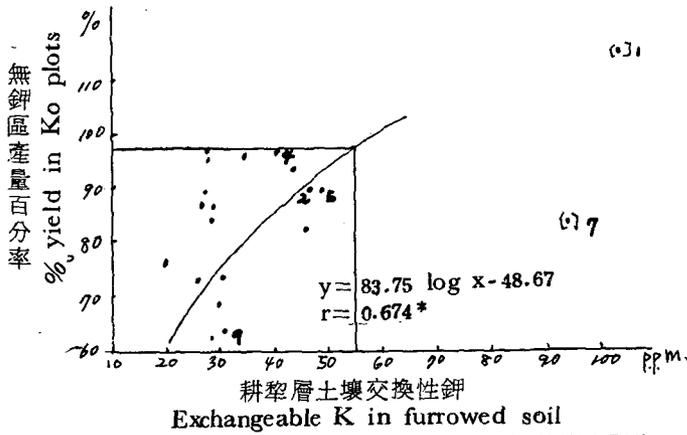


圖 5 : 土壤交換性鉀含量對於小麥施鉀效應之影響  
 Fig. 5. Effect of the soil exchangeable K content on the response of wheat grain yield to applied potash

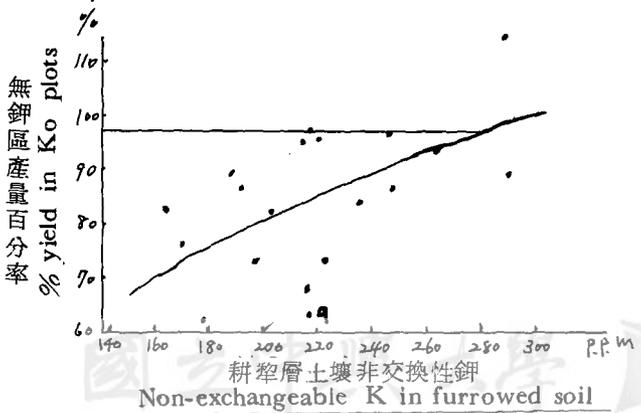


圖 6 : 土壤非交換性鉀含量對於小麥施鉀效應之影響  
 Fig. 6. Effect of soil non-exchangeable K content on the response of wheat grain yield to applied potash

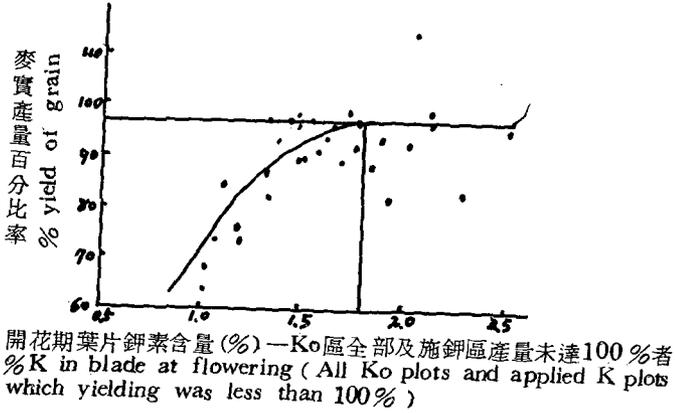


圖 7. 葉片含鉀量與麥實產量百分率之關係  
 Fig. 7. Relationship between potassium content of blade and percentage yield of grain

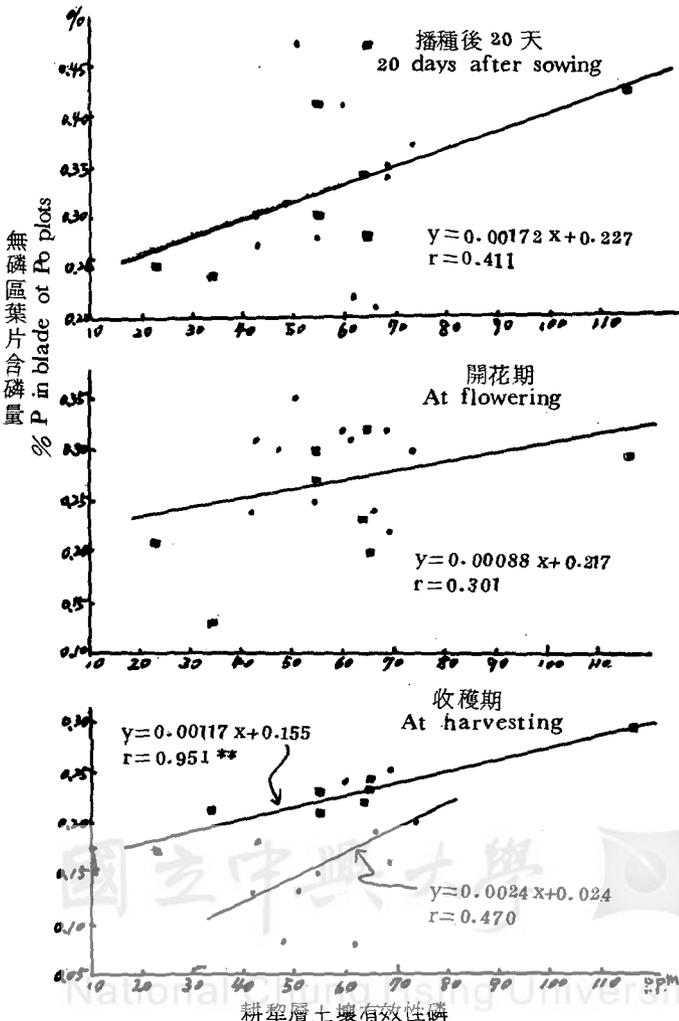


圖 8. 土壤有效磷與不同時期葉片含磷量之關係  
 Fig. 8. The relation between the soil available P content and the P concentration in wheat blade at different stages

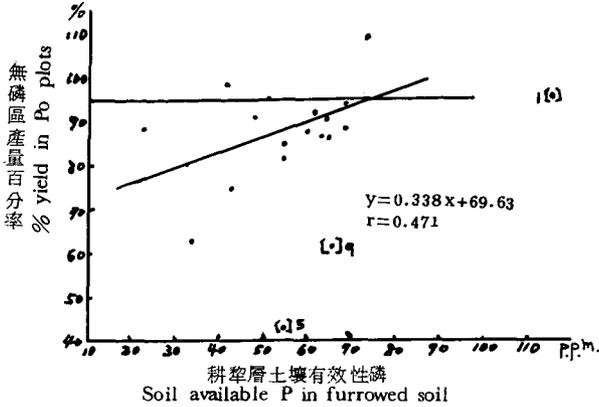


圖 9. 土壤有效性磷含量對於小麥施磷效應之影響  
 Fig. 9. Effect of the soil available P content on the response of wheat grain yield to applied phosphate

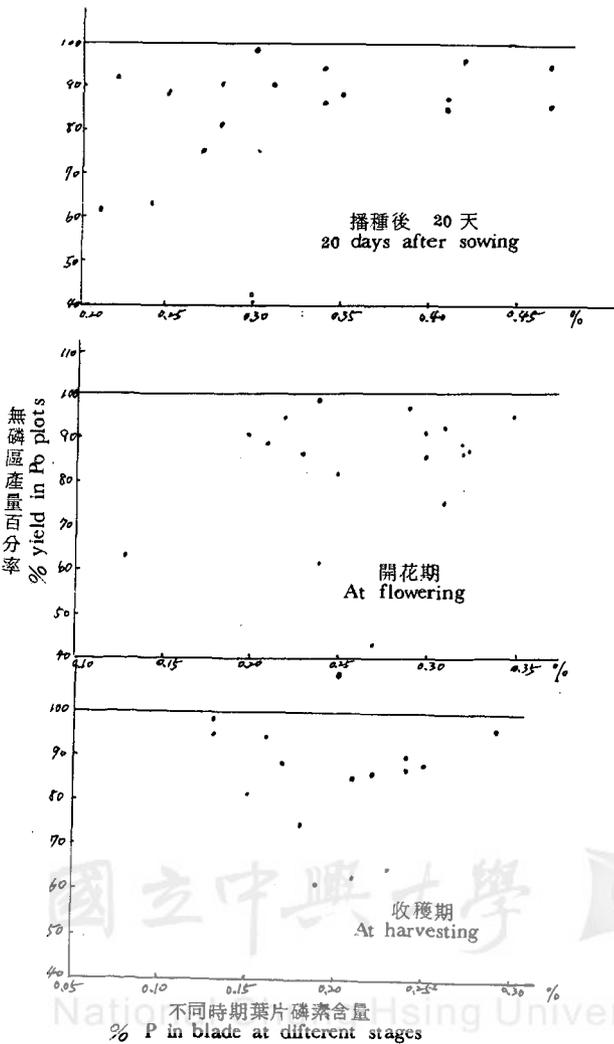


圖 10. 不同時期葉片含磷量與無鉀區麥實產量百分率之關係  
 Fig. 10. Relationship between phosphorus content of blade at different stages and percentage yield of grain in Po plots

Winter Wheat Yield and Levels of PK in Soil and  
Plant Tissue as Affected by PK Fertilizers  
at Taichung Prefecture

Yin-po Wang

Summary

1. Two trials on the optimum rate of phosphate and potash and seventeen PK observations for winter wheat were laid out in Taichung Prefecture in 1966, on selected representative yellow earths and non-calcareous slate and sandstone alluvial soils. The purpose of this study is to find out the quantitative relations between the soil PK values, leaf blade PK contents and the response of wheat to applied phosphate and potash, as affected by types of soil cultural factors.

2. The correlations between the Egner's available K and the exchangeable K contents of soil may be represented by a straight line, being highly significant statistically ( $r = 0.975$ ).

3. The Egner's soil available K content, as well as the soil exchangeable K content, were found correlated significantly with the K content of wheat blade at flowering stage. This indicates that both available potassium and exchangeable potassium are reliable indices of soil potassium status. Soil samples were taken before sowing. The correlations were not significant when the blade samples were taken either at 20 day after sowing or at harvest. The relations between soil non-exchangeable K and the blade K content at the above mentioned three stages were all found to be non-significant. It seems that the soil non-exchangeable K can not be used for indicating the current potassium status of these soils.

4. For the combination of two distinct groups of soil and non-calcareous slate and sandstone alluvial soil alone, the relations between the Egner's available K value and the responsiveness of wheat to added potash may be represented by a straight line and semilog-arithmetic curve, respectively. The correlation coefficients were 0.546 and 0.743, both being significant statistically, 45 ppm K is the critical value for soil available potassium, provided 97% of the maximum yield is taken as the economic margin.

The correlation between the response of the grain yield to added potash and the soil exchangeable K was found significant statistically only in the non-calcareous slate and sandstone alluvial soil. The critical value for soil exchangeable potassium is 55 ppm K.

Although it seemed that the soil non-exchangeable K can not be used for representing the potash status of soil as mentioned above, there was a correlation between soil non-exchangeable K content and the yield response of wheat to applied potash, when the data of the two soil groups were treated, together. The correlation coefficient was 0.552, being also significant statistically. 280 ppm K is the critical value for this form of soil potassium.

5. The differences in the trend of regression in the above-stated correlation were not distinct between the two groups of soil, but of the non-calcareous slate and sandstone soil there were several fields with poor drainage, which may have lowered the absorption rate of native soil potassium, and in these fields the effect of potash was higher than would be expected from the soil potassium content. When nitrogen supply or a late sowing became a limiting factor, a higher effect of potash than would be expected from the soil potassium content might also result.

6. The critical concentration of potassium in the leaf blade of wheat was found to be about 1.8% (as K) of dry matter at flowering stage. When the concentration is below this level an economical return from additional application of potash may generally be expected.

7. For the loams alone, the correlation between the value of Bray's No. 2 available P and the phosphorus content of blade at harvest may be represented by a straight line, the correlation being highly significant statistically. But for heavy-texture soils, there was no significant correlations. It seems that this method would be more useful for the testing the phosphorus status of lighter soil.

8. The correlation between the values of Bray's No. 2 available P and the yield response of wheat to applied phosphate may be represented by a straight line, the linear relation being nearly significant. The critical level of soil available phosphorus seems to be at 75 ppm P, provided 95% of maximum yield is taken as the economic margin.

9. Neither the differences in the two tested groups of soil, nor the variation of texture interfered with the above correlations. On the other hand, in late sowing and in the case where germination was poor in the P<sub>0</sub> plots there was a better response to phosphate fertilizer than would be expected from the soil phosphorus content.

10. The relationship between the leaf blade phosphorus concentration, tested at three different stages, and the effect of applied phosphate is not clear.

11. Based on the economic appraisal of phosphate rates for two trial fields and the response of wheat to added phosphate in observation fields, 60 - 90 kg/ha of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> are recommended for soils, the soil testing below 75 ppm in available P, the heavier rate being for the more deficient cases; the 45 kg/ha rate did not bring appreciable yield increase in the two experiments, probably because of fixation by the soil.

12. The amounts of K<sub>2</sub>O for the two groups of soil studied are recommended according to Egner's soil available K values as follows:

< 30 ppm :	60 - 90 Kg/ha	30 - 45 ppm :	45 - 60 Kg/ha
> 45 ppm :	0 - 45 Kg/ha		