

## 不同氮肥施用量及土壤水份對間作 大豆、玉米產量及品質之影響<sup>1)</sup>

趙震慶 郭銘賢 莊作權<sup>2)</sup>

**摘要：**本研究以間作方式種植大豆與玉米，討論不同土壤環境下，對產量、淨收入、土壤化學性質及穀粒氮素含量之影響。試區採裂區逢機完全區集法設計，以兩種土壤水份為主因子，四種氮肥處理及單、間作為副因子。生長期中觀測土壤水份含量，土壤 pH，有效性氮及植株氮素含量之變化。

土壤 pH 因施用氮素肥料，初期可能因硝化作用而下降，至中期漸漸上升，可能受塩份累積的影響。於土壤水份降至 45% 有效水起灌試區之各處理，土壤有效性氮，玉米植株高度，穀粒產量及含氮量，均較在土壤水份降至 90% 有效水份起灌試區各處理為高。

間作有助於土壤有效性氮增加，以單行玉米穀粒產量計算，間作比單作高 10 至 47%，差異極為顯著，然本研究間作方式，因玉米種植面積為三分之二，故產量比單作降低 10 至 33%。間作土壤有效水份含量保持 45% 以上者，其淨收入較單作高 9%，保持 90% 以上者，較單作低 12%。土壤中有效性氮，玉米株高與產量，穀粒含氮量及淨收入，均因施肥量增加而增加。硫銨對產量，穀粒含氮量之肥效，較尿素為佳。肥料回收率最高 74.5%，最低為 23.1%，單作肥料回收率高於間作。在土壤含水量多時硫銨回收率高，反之尿素較佳。

以本研究而言，為增進農民收益，以目前氮肥推薦量，施用硫銨較施用同量尿素為高，土壤水份降至 45% 田間容水量起灌時，間作種植較佳，土壤水份降至 90% 田間容水量起灌時，單作玉米較好。

### 前 言

本省玉米、大豆單位面積產量與收益目前仍然嫌低，究其原因，除缺乏生長期短而產量高之品種外，目前所推廣品種最適栽培環境，亦不夠明瞭。土壤為作物生長基質，亦為耕作環境的重要組成成份，然其易受其他因子的影響，如不合理施肥與灌溉，不但導致土壤養份之流失，造成環境污染，同時易導致作物生長不良而減產。

間作可增加土地利用率，為增產途徑之一<sup>(29,30)</sup>。國內多數玉米、大豆間作報告，述及農藝栽培方法對玉米、大豆產量的影響<sup>(3,5,6,7,8,11)</sup>，部份指出間作時的經濟效益<sup>(16,17)</sup>，及土地利用率<sup>(17)</sup>比單作高。但論及土壤環境因子之影響，除亞洲蔬菜研究發展中心，曾一系列研究環境因子對大豆生長及產量影響外<sup>(22-24)</sup>，部份報告論及土壤環境因子對大豆、玉米間作的影響<sup>(17)</sup>，國外有關報告，除論及株行距及植株密度<sup>(20,29,30)</sup>，間作行列排列

- 1) 本研究為行政院農業發展委員會重點計劃，編號 69 農建 -5.1- 產 -090(11)。
- 2) 本校土壤系講師，組員與教授。
- 3) 本文於 71 年 7 月 13 日收到。

方式<sup>(29,30)</sup>，等不同農藝栽培法外，並論及經濟效益<sup>(19)</sup>，土地利用<sup>(29,30,35)</sup>，以及土壤環境因子對單、間作的影響，如氮肥施用量<sup>(19,29,33)</sup>，水份供應量<sup>(33)</sup>，及防風效果<sup>(36)</sup>。莊等<sup>(10,17)</sup>曾施用不同量尿素態氮肥於大豆、玉米間作試驗，發現土壤 pH，有效性氮含量，對間作作物的生長，產量及品質均有顯著影響，同時亦發現受地域環境的影響（主要為不同土壤類型及氣候因子）。

土壤水份含量之多寡，會影響玉米對土壤養份之吸收<sup>(29,27,32,34)</sup>，有關土壤水份對單作玉米生長之影響，國內研究灌溉與否<sup>(4)</sup>及次數<sup>(12,13,18)</sup>對產量之影響。莊、曹<sup>(9)</sup>曾研究土壤水份含量對鉀、磷有效性的影響。吳、徐<sup>(1,2)</sup>曾述及於單作玉米田中，土壤水份降至二分之一田間容水量時開始灌溉，較無灌溉，一次灌溉的處理為優。黃<sup>(14)</sup>曾以盆栽試驗，研究不同有效水份對春、秋兩作玉米產量的影響。又據吳、徐<sup>(2)</sup>轉述 Peterson 與 Ballard 的試驗，顯示施肥量 100 磅/英畝時，土壤水份保持在田間容水量一半再行補足，玉米產量高於一直保持在田間容水量以上之處理，如施肥量增至 200 磅/英畝，結果適相反。然前述報告對土壤中養份變化未能述及。單作大豆，除亞蔬曾研究灌溉水量對種子發芽影響外，吳、徐<sup>(2)</sup>亦曾以灌溉管理與水資源利用立場說明秋作大豆種植在砂壤土上，土壤水份降至田間容水量二分之一時起灌的處理，較不灌溉為佳。至於土壤水份對間作大豆、玉米的生長及土壤中養份的影響，尚待進一步研究。

本計劃之目的，企以間作方式能提高農民收入，並探討土壤環境因子的變化，及其對間作大豆、玉米品質與產量的影

響，以企能改進土壤及生物環境條件，而使雜糧作物的總產量與品質獲得改善。

## 試驗材料與方法

### 一、田間試驗

本研究田間試驗於六十八年九月二十四日，設在台南市台灣糖業研究所農場，六十九年元月七日採收大豆，同月二十四日採收玉米。供試土壤性質如表一，所植的玉米品種為雜交玉米台南十一號，大豆品種為十石。

二種水分處理（維持田間土壤水分含量在 90% 及 45% 以上有效水份，水份張力依次為 0.51 巴及 1.83 巴，土壤水份含量依次為 12.4% 及 8.9%）分為兩試區，每試區的氮肥施用量，尿素分為三個用量（0, 60, 120kg-N/ha），另以銨態氮（120kg-N/ha）為對照，共四種氮肥處理，每種氮肥處理再分單、間作兩種不同種植方式（單作玉米，間作玉米、大豆）。兩試區合計 16 種處理，每處理四重覆，共六十四小區，兩試區均採逢機完全區集設計。小區面積 3 公尺 × 7 公尺，共植六行作物，間作時每兩行玉米間作一行大豆，即玉米四行，大豆兩行，玉米株行距為 50 公分 × 25 公分，大豆株行距為 50 公分 × 10 公分。玉米每穴播種兩粒種子，發芽後間拔剩下一株。大豆每穴兩株，不間拔。

磷肥用過磷酸石灰，用量為 80kg-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha，鉀肥用氯化鉀，施用量為 80kg-K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha。大豆，玉米施用量相同。氮肥用尿素，按標準推薦量 120kg-N/ha 的 0%，50%，100% 分為三個用量，以 120kg-N/ha 之硫酸銨為對照。大豆則用 40kg-N/ha。採用條施法，氮、鉀留一半為追

表一 試驗區表土之一般理化性質  
Table 1. Physical and chemical properties of surface soil tested

Soil group	Texture	pH	Organic matter %	Total nitrogen %	Available P. ppm	Exchangeable K. ppm.
Sandstone-shale alluvial soil	SL	5.9	0.678	0.087	72	105

肥在植後 28 天施用外，其餘均為基肥。

植後二週，全試區埋水分張力計 16 枝，素瓷管置入 30 公分深的土層中。當田間水分降至 90% (觀查張力計)，及 45% (烘乾法測定) 有效水份時，分區灌溉。每次灌溉水量為 100mm。含水份高的試區 (M<sub>1</sub>)，共灌溉五次，即植後兩週，五週，九週，十三週及十六週。含水分低的試區 (M<sub>2</sub>)，僅灌溉兩次，即植後六週與十三週。在種植期間試區雨量，十月份 0.7mm，十一月份 25.5mm，其中十一月十七、十八兩日佔 23.3mm，十二月份 2.9mm，元月份至收穫時 2.3mm。

### 三 生育調查及室內分析：

植後 4、7、11 週調查株數，株高。收穫時調查穗數、穗重、百粒重及產量等農藝特性。同時採集土樣，以土比水 1:1 玻璃電極法測土壤 pH。以 2N KCl 液，按 1 比 10 抽取，測有效性氮，以蒸餾法測銨態氮，以 Devarda's alloy 為還原劑蒸餾測定硝酸態氮。磷用 Bray 氏第一法抽取液抽取，以鉬藍法測定。鉀用中性醋酸銨法抽取，以焰光比色計法測定。有機質用 Walkley-Black 法測定。玉米於植後七週取第一葉，植後十一週採穗葉及收穫時採地上部及穀粒為樣品，經洗淨，烘乾磨碎後，濕式灰化法灰化。氮採用自動分析儀比色測定。大豆於生長期中採全株葉片，收穫期中取地上部為樣品，採樣

時間及分析方法同玉米。

### 三 資料整理，統計及分析：

前述試驗資料，利用 Hewlett-Packard 9825A 型程式計算機加以整理及統計分析。

## 結果與討論

### 一 不同土壤水份含量及施肥處理對土壤因子之影響：

#### (一) 對土壤有效性氮之影響：

不同灌溉水量，對土壤中有效性氮量影響頗大，灌溉次數多的處理 (M<sub>1</sub>)，植後 4、7、11 週土壤中有有效性氮之含量，均較灌溉次數少的試區 (M<sub>2</sub>) 為低 (如表二)，第十八週收穫期土壤中有有效性氮之含量，達顯著的差異。原因之一可能是因試區土壤為砂質壤土，當灌溉量增加時，硝酸態氮淋洗量亦增加。再以不施氮肥的處理來看，土壤水份含量高之處理 (M<sub>1</sub>)，有效性氮之含量在單、間作中均為 8ppm，而在土壤含水量低的處理 (M<sub>2</sub>)，在單作中為 9 ppm，而在間作土壤中為 13ppm，均較前者 (M<sub>1</sub>) 為高。據 Alexander<sup>(21)</sup> 所述，土壤水份含量高時，土壤中氧氣供應量減少，異營性微生物對有機質礦質化活性亦隨之降低，活性最大時的最適水份為田間容水量的 60-80%，此種水份亦為土壤中游離固氮菌活性最佳的土壤含水量，

表二 土壤中有效性氮之變化  
Table 2. The changes of soil available nitrogen (ppm)

Treatment	Weeks after planting				
	4	7	11	18	
I. M <sub>1</sub> (Irrigating at soil moisture of 90% available water)					
Corn monocropping					
1. N <sub>0</sub>	8	9	3	8	
2. N <sub>60</sub> Urea	6	6	4	9	
3. N <sub>120</sub> Urea	17	12	8	22	
4. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	42	18	9	25	
Corn, soybean intercropping					
5. N <sub>0</sub>	5	8	4	8	
6. N <sub>60</sub> Urea	10	13	3	8	
7. N <sub>120</sub> Urea	23	11	4	9	
8. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	18	4	4	10	
Mean	15	10	5	12	
II. M <sub>2</sub> (Irrigating at soil moisture of 45% available water)					
Corn monocropping					
9. N <sub>0</sub>	9	8	3	9	
10. N <sub>60</sub> Urea	6	12	4	21	
11. N <sub>120</sub> Urea	21	23	20	28	
12. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	25	20	13	18	
Corn, soybean intercropping					
13. N <sub>0</sub>	11	8	3	13	
14. N <sub>60</sub> Urea	10	11	3	18	
15. N <sub>120</sub> Urea	14	13	12	22	
16. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	39	14	5	13	
Mean	17	13.5	8	18	
L.S.D.	I* 0.05	N.S.	N.S.	3	4
	0.01			-	-
	II 0.05	N.S.	N.S.	3	4
	0.01			-	-
	III 0.05	18	N.S.	4	6
	0.01	-		5	8
	I x II 0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	0.01				
	I x III 0.05	N.S.	N.S.	2	N.S.
	0.01			-	
	II x III 0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	0.01				
	I x II x III 0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	0.01				

\*I Soil moisture, II Mono- & intercropping, III N-fertilizers,

故有效水份含量高的處理 ( $M_1$ )，土壤中氮素的轉形作用，就不如有效水份含量低的處理來得有效；此可能為前者 ( $M_1$ ) 土壤中有效性氮含量低於後者 ( $M_2$ ) 原因之二。

生長期中土壤有效性氮之起伏 (如表二)，大致上第四週最高，而後漸次下降，至十一週降至最低，在收穫時，有效性氮之含量回升<sup>(10)</sup>，此因玉米在四至八週時，養份吸收速率較其他時期為大之故<sup>(39)</sup>。再觀察表二中植後第四週所示，土壤中有有效性氮含量，施肥處理高於不施肥處理，尤其是施氮肥每公頃 120 公斤氮素之處理，均高於不施肥處理，部份達顯著水平。尿素水解速率，隨尿素濃度升高而加快<sup>(23,31,37)</sup>，故每公頃氮素施用量 120 公斤之處理，有效性氮含量皆高於 60 公斤之處理。再以收穫期第十八週土樣觀之，施肥各處理殘存有效性氮量均較不施肥為高。在低水份區 ( $M_2$ ) 間作情形下，不施氮肥時，有效性氮之含量比單作為高，此可能係豆科作物根瘤分泌氮素化合物，然高水份區，因水份含量過高，可能不適合根瘤發育<sup>(21)</sup>，故其有效性氮含量與單作區相近。至於不同類型之氮肥，在植後四週時，施用硫銨之各處理，除高水份區間作外，土壤中有有效性氮之含量，均以施用硫銨的處理為高。

#### (二) 對土壤 pH 之影響：

不施氮肥的處理，土壤 pH 由植前 5.8-6.0 隨種植時間逐漸上升，至植後十一，十八週，約升高 1.1~0.8 個 pH 單位，如表三。以兩試區 ( $M_1, M_2$ ) 植後 pH 之平均值相比較，除植後第四週外，其餘三次採樣的土壤 pH，皆因灌溉水份量越多，pH 上升亦越高，差異顯著，此可能係因灌溉水中鹽份聚積在土壤表面。

雖因尿素水解能造成銨態氮聚積，而導致土壤 pH 上升，然在本省施入土壤中的尿素態氮，約 90% 在施用後一週內完全水解<sup>(15)</sup>，銨的累積量亦達最高，然隨時間之增加，因硝化作用而下降<sup>(10,25,28)</sup>，降至某一程度，pH 再回升<sup>(26)</sup>，本試驗係植後四週採集土樣，因而施肥區之 pH 皆下降，在土壤水份較高處理的試區 ( $M_1$ )，因第二週曾經灌水，減緩硝化作用的進行<sup>(21)</sup>，至第四週時，其土壤 pH 下降的幅度比低土壤水份試區 ( $M_2$ ) 約高 0.6-0.1 個單位。此後土壤 pH 因鹽份聚積而上升，所以灌溉次數三次的高水份試區 ( $M_1$ )，較灌溉次數一次的低水份試區，亦可能係因灌溉水中鹽份的影響，而土壤 pH 高 0.1 ~ 0.3 單位，達顯著差異水平。

三 土壤環境因子對玉米、大豆單、間作時生長與產量之影響：

#### (一) 對玉米生長之影響：

玉米株高，在植後第四週，第七週受土壤水分之影響頗大，以第四週為例，在土壤水份降至 90% 有效水份即行灌溉試區 ( $M_1$ )，株高為 54 公分，而在低水分區 ( $M_2$ ) 為 68 公分，差異極顯著 (如表四)，而在十一週亦達統計上的顯著性。此外在十一週時，土壤含水量高之試區 ( $M_1$ )，在間作情形下，玉米之株高低於土壤含水量低之試區 ( $M_2$ )，兩者差異達顯著水平，此現象似為好氣性固氮菌之供獻<sup>(21)</sup>。亦可能為土壤水分含量過高影響根之生長及養份吸收。在不同肥料處理間，在三次株高調查中，不論單、間作，或土壤水份含量高或低，施用氮肥的處理均比不施用氮肥為高，除植後第四週達顯著水平外，第七週、第十一週更達顯著或極顯著差異。進入結穗期，每公頃施用 120 公斤氮素時，不同形式的氮肥對玉米

表三 植前及植後土壤 pH 的變化  
Table 3. The changes of soil pH before and after planting

Treatment	Before planting	Weeks after planting					
		4	7	11	18		
I. M <sub>1</sub> (Irrigating at soil moisture of 90% available water)							
Corn monocropping							
1. N <sub>0</sub>		6.0	6.2	6.5	6.8	6.8	6.8
2. N <sub>60</sub>	Urea	5.8	5.4	6.6	6.8	6.8	6.8
3. N <sub>120</sub>	Urea	6.0	5.9	6.5	6.6	6.6	6.6
4. N <sub>120</sub>	Ammonium sulfate	6.2	5.4	6.3	5.7	6.0	6.0
Corn, soybean intercropping							
5. N <sub>0</sub>		5.9	6.0	6.5	6.8	6.5	6.5
6. N <sub>60</sub>	Urea	5.7	6.0	6.5	6.8	6.9	6.9
7. N <sub>120</sub>	Urea	5.9	5.7	6.5	6.8	6.5	6.5
8. N <sub>120</sub>	Ammonium sulfate	6.0	5.4	6.3	6.6	6.4	6.4
Mean		5.9	5.8	6.5	6.6	6.6	6.6
II. M <sub>2</sub> (Irrigating at soil moisture of 45% available water)							
Corn monocropping							
9. N <sub>0</sub>		5.8	6.2	6.5	6.6	6.5	6.5
10. N <sub>60</sub>	Urea	5.9	5.8	6.2	6.5	6.2	6.2
11. N <sub>120</sub>	Urea	6.0	5.9	6.2	6.7	5.7	5.7
12. N <sub>120</sub>	Ammonium sulfate	5.8	5.6	6.3	6.3	5.8	5.8
Corn, soybean intercropping							
13. N <sub>0</sub>		5.9	6.1	6.6	6.7	6.7	6.7
14. N <sub>60</sub>	Urea	5.7	6.0	6.2	6.7	6.4	6.4
15. N <sub>120</sub>	Urea	6.0	5.7	6.5	6.5	6.6	6.6
16. N <sub>120</sub>	Ammonium sulfate	5.9	5.8	6.6	6.2	6.5	6.5
Mean		5.9	5.9	6.4	6.5	6.3	6.3
L.S.D.	I*	0.05	0.06	0.10	N.S.	N.S.	0.17
		0.01	-	-			0.22
	II	0.05	0.06	N.S.	N.S.	0.10	0.17
		0.01	0.08			0.13	0.22
	III	0.05	0.09	0.15	N.S.	0.14	0.24
		0.01	0.12	0.20		0.19	0.32
	I x II	0.05	N.S.	N.S.	0.04	0.05	0.08
		0.01					0.11
	I x III	0.05	0.05	N.S.	0.07	N.S.	N.S.
		0.01			0.10		
	II x III	0.05	N.S.	0.09	N.S.	0.09	0.15
		0.01		0.12		-	-
	I x II x III	0.05	N.S.	N.S.	N.S.	0.09	N.S.
		0.01				0.12	

I\* Soil moisture, II Mono- & intercropping, III N-fertilizers.

表四 玉米農藝性狀及產量因子  
Table 4. Agronomic parameters and factor of yield of corn

Treatment	Plant height			Length of ear	Diameter of ear	100- grain wt		
	4 week	7 week	11 week					
	cm			g				
I. M <sub>1</sub> (Irrigating at soil moisture of 90% available water)								
Corn monocropping								
1. N <sub>0</sub>	49	133	156	10.3	12.1	26.6		
2. N <sub>60</sub> Urea	51	192	203	12.3	12.8	27.6		
3. N <sub>120</sub> Urea	58	182	211	13.4	13.1	27.7		
4. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	59	195	215	13.3	12.8	28.3		
Corn, soybean intercropping								
5. N <sub>0</sub>	46	128	157	10.7	12.6	27.2		
6. N <sub>60</sub> Urea	55	171	177	12.4	12.7	28.4		
7. N <sub>120</sub> Urea	57	173	198	13.8	12.7	29.7		
8. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	55	185	200	13.9	13.2	30.5		
Mean	54	170	189	12.5	12.7	28.2		
II. M <sub>2</sub> (Irrigating at soil moisture of 45% available water)								
Corn monocropping								
9. N <sub>0</sub>	61	151	175	10.6	12.4	27.0		
10. N <sub>60</sub> Urea	71	200	207	12.8	12.7	28.5		
11. N <sub>120</sub> Urea	69	199	209	12.5	12.7	29.3		
12. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	64	197	208	13.0	12.6	29.1		
Corn, soybean intercropping								
13. N <sub>0</sub>	60	159	184	11.9	13.0	28.8		
14. N <sub>60</sub> Urea	67	187	207	12.6	12.8	28.9		
15. N <sub>120</sub> Urea	70	193	212	13.4	12.9	29.7		
16. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	80	200	214	14.4	13.1	29.9		
Mean	68	186	202	12.6	12.8	28.8		
L.S.D.	I*	0.05	4	9	8	N.S.	N.S.	N.S.
		0.01	6	12	-			
	II	0.05	N.S.	9	8	0.4	0.2	0.9
		0.01		-	-	0.6	-	-
	III	0.05	6	13	11	0.6	0.3	1.3
		0.01	8	17	15	0.8	-	1.7
	I x II	0.05	N.S.	N.S.	4	N.S.	N.S.	N.S.
		0.01						
	I x III	0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
		0.01						
	II x III	0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
		0.01						
	I x II x III	0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
		0.01						

\*I Soil moisture, II Mono- & intercropping, III N-fertilizers.

株高影響很小，大致而言，施硫酸銨略比施尿素為佳，但差異極微。單、間作的株高在生育初期差異不顯著，但至生長第七週及開花期，土壤水份含量高的試區 ( $M_1$ )，單作玉米株高高於間作，而在土壤水份含量低之試區 ( $M_2$ )，間作玉米株高反高於單作，其原因如前述，可能受微生物固氮作用之益。

土壤水分含量對穗長、穗莖及百粒重無影響，但因氮肥施用量增加而增加（如表四），施肥對穗長具顯著影響，施氮素每公頃 120 公斤與不施氮肥比較，更達極顯著差異水平。穗莖在含水量高的試區 ( $M_1$ ) 與穗長有相同的趨勢，但在水分含量低之試區 ( $M_2$ ) 並無差異，顯示受土壤水分影響。百粒重在各處理間僅在土壤含水量多時，施氮肥量每公頃 120 公斤時，與不施氮相比可達顯著差異外，其餘各處理間差異不大。

#### (二) 對玉米，大豆產量之影響：

玉米穀粒產量受土壤水份影響，尤其與肥料連應時，差異更為明顯。由表五所示，除單作施用氮肥每公頃 120 公斤的處理外，土壤含水量高的試區 ( $M_1$ )，其產量皆低於土壤含水量低的試區 ( $M_2$ )，均達統計上顯著差異水平，與肥料連應，更達極顯著水平。顯然玉米穀粒產量，易受土壤水份及肥料共同的影響。大豆的產量似未受到土壤水份的影響，但受到玉米施肥量的影響，以施用尿素態氮 60 公斤 / 公頃的產量最佳，與其他處理相比，可達極顯著差異。

間作玉米，因種植面積為單作的三分之二，故產量比單作低 10-33% (5,32)，以玉米每行產量計算，如表五括號內玉米粒子產量來看，間作玉米之產量比單作為高，尤其在低水份處理 ( $M_2$ )，約高 10-

47%，達極顯著差異。此可能係豆科作物能供玉米氮素 (21,35)，幫助玉米之生長，是故大豆與玉米間作，對玉米是有利的 (5,20)。今後應進一步探討間作方式，以求能更進一步增加產量。其次因種植大豆，玉米植株的一側行距加寬，玉米生長空間加大之故。本省秋作大豆產量，多在 1-2 噸 / 公頃，平均為 1.6 噸 / 公頃 (22)。本試驗大豆產量（如括號內數字，係按單行面積計算），大多低於平均值 18-38%，此似因大豆於生長期中，受到玉米遮蔭之故 (19)。故今後欲提高大豆產量，應設法減少遮蔭效應。以玉米施氮肥量來看，大豆產量受其影響，以施用 60 公斤 / 公頃最佳，與其他玉米氮肥處理相比，除土壤低水分起灌區 ( $M_2$ )，120 公斤尿素態氮 / 公頃外均達極顯著差異，顯示本研究所用之砂質壤土，種植秋播大豆，似可增施氮肥，或將大豆氮肥分兩次施用，或接種有效根瘤菌，以企增加產量。

玉米穀粒產量，隨氮肥施用量增加而增加 (17,19)，除土壤含水量低的試區中，單作施用尿素的處理外，其他各處理間皆達極顯著差異水平，而不同形態之兩種氮素肥料，則以硫酸銨較尿素為佳（如表五）。  
三、環境因子對大豆、玉米品質、氮肥利用率之影響：

土壤水份含量高之試區 ( $M_1$ )，各處理玉米粒子中含氮量之平均值為 1.38%，較土壤水份含量低的試區平均值 1.50% 為低，達到統計上顯著水準（如表五），Jenne 氏等 (32) 曾比較灌溉與不灌溉玉米粒子中含氮量，認為不灌溉處理的含氮量高於灌溉處理，與本研究有相似的趨勢。大豆粒子亦有相同之趨勢，低水份 ( $M_2$ ) 的處理含氮量為 6.13%，比灌溉次數多的處理 ( $M_1$ ) 5.68% 為高。



表五 大豆，玉米穀粒產量及含氮率及氮肥回收率  
Table 5. Grain yield and nitrogen content of corn and soybean, and nitrogen recovery rate

Treatment	Yield of grain		Grain nitrogen content		Nitrogen recovery rate
	Corn	Soybean	Corn	Soybean	
	t/ha		%		
I. M <sub>1</sub> (Irrigating at soil moisture of 90% available water)					
Corn monocropping					
1. N <sub>0</sub>	3.1	---	1.15	---	---
2. N <sub>60</sub> Urea	5.1	---	1.32	---	52.8
3. N <sub>120</sub> Urea	5.7	---	1.50	---	41.5
4. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	6.4	---	1.68	---	59.9
Corn, soybean intercropping					
5. N <sub>0</sub>	2.0(3.1)	0.4(1.3)	1.27	5.76	---
6. N <sub>60</sub> Urea	3.8(5.7)	0.5(1.5)	1.28	5.73	48.1
7. N <sub>120</sub> Urea	4.3(6.5)	0.3(1.0)	1.42	5.53	24.3
8. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	4.9(7.3)	0.4(1.2)	1.45	5.69	37.8
Mean	4.4(5.4)	0.4(1.3)	1.38	5.68	---
II. M <sub>2</sub> (Irrigating at soil moisture of 45% available water)					
Corn monocropping					
9. N <sub>0</sub>	3.6	---	1.34	---	---
10. N <sub>60</sub> Urea	5.6	---	1.66	---	74.5
11. N <sub>120</sub> Urea	5.6	---	1.70	---	39.1
12. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	5.9	---	1.61	---	39.0
Corn, soybean intercropping					
13. N <sub>0</sub>	3.5(5.3)	0.3(1.0)	1.32	5.94	---
14. N <sub>60</sub> Urea	4.1(6.2)	0.4(1.2)	1.45	5.85	31.4
15. N <sub>120</sub> Urea	4.6(6.9)	0.4(1.3)	1.60	6.55	29.8
16. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	5.5(8.2)	0.3(1.0)	1.33	6.18	23.1
Mean	4.8(5.9)	0.4(1.1)	1.50	6.13	---
L.S.D.	I 0.05	0.14	N.S.	0.08	0.24
	0.01	0.19		-	0.33
	II 0.05	0.14	N.S.	0.08	
	0.01	0.19		0.11	
	III 0.05	0.20	0.07	0.12	0.40
	0.01	0.26	0.09	0.16	0.54
I x II	0.05	0.07	N.S.	N.S.	N.S.
	0.01	0.10			
I x III	0.05	0.12	0.04	0.07	N.S.
	0.01	0.18	-	0.10	
II x III	0.05	0.12	N.S.	0.07	N.S.
	0.01	0.18		-	
I x II x III	0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	0.01				

I Soil moisture, II Mono- & intercropping, III N-fertilizers.

不同氮肥施用量下，不論不同水份處理，或是單、間作下，玉米粒中含氮量皆隨施用氮肥量增加而上升<sup>(17,40)</sup>。單作處理差異較大，施肥與否差異顯著，或達極顯著差異水平（如表五）。然間作較不明顯，惟施用尿素態氮120公斤之處理與不施用氮肥相比，可達極顯著差異。至於銨態氮素肥料，在高土壤水份區，均較施用

尿素態氮的處理為佳，在單作時可達極顯著水平；然在灌水次數較少的試區（M<sub>2</sub>），適為相反，使用尿素態氮肥的處理較施用硫酸銨為佳，在間作時達極顯著差異水平。

玉米與大豆對氮肥回收率，高水份試區平均為44%，而低土壤水份區（M<sub>2</sub>）平均為41%，如表五所示，似顯示水份含量多的處理對氮肥回收率較高。以二個尿素

表六 穀粒產量之經濟價值的評估  
Table 6. Economic evaluation of grain yields

Treatment	Total income	Total cost	Net income
I. M <sub>1</sub> (Irrigating at soil moisture of 90% available water)			
Corn monocropping			
1. N <sub>0</sub>	34,100	33,200	900
2. N <sub>60</sub> Urea	56,100	36,200	19,900
3. N <sub>120</sub> Urea	62,800	37,100	25,700
4. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	70,100	38,100	32,000
Corn, soybean intercropping			
5. N <sub>0</sub>	29,900	29,300	600
6. N <sub>60</sub> Urea	50,600	31,100	19,500
7. N <sub>120</sub> Urea	53,200	31,500	21,700
8. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	60,400	32,100	28,300
Mean			
II. M <sub>2</sub> (Irrigating at soil moisture of 45% available water)			
Corn monocropping			
9. N <sub>0</sub>	39,600	33,900	5,700
10. N <sub>60</sub> Urea	62,100	37,000	25,100
11. N <sub>120</sub> Urea	61,100	36,800	24,300
12. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	64,600	37,300	27,300
Corn, soybean intercropping			
13. N <sub>0</sub>	44,400	30,700	13,700
14. N <sub>60</sub> Urea	51,900	31,300	20,600
15. N <sub>120</sub> Urea	58,400	31,800	26,600
16. N <sub>120</sub> Ammonium sulfate	63,700	32,500	29,200
Mean			

Based on government guarantee price of soybean at N.T. 17/kg and corn at N.T. 11/kg in 1980.

態氮素用量相比，施用 60 公斤氮素 / 公頃的處理，比施用 120 公斤氮素 / 公頃為佳，尤其是低水份區 ( $M_2$ ) 單作的兩施用量肥料回收率相差幾達一倍。銨態氮肥與尿素態氮肥相比，在高水份試區 ( $M_1$ )，玉米對銨態氮之回收率，顯然比尿素態氮為佳，但在低水份試區 ( $M_2$ )，單作無差異，而間作且以尿素態氮為佳，惟差異較小。單作時不同形態的氮肥或不同氮肥用量，玉米及大豆谷粒對氮肥的回收率，均要高於間作時氮肥回收率。由上述分析，顯示本研究氮肥回收率，在適當施肥與管理下，可達 50-70%<sup>(38)</sup>。

四 不同環境因子影響下種植玉米、大豆之經濟分析：

由表六觀之，灌溉次數較少的各處理 ( $M_2$ )，除單作施用氮素每公頃 120 公斤處理外，其餘各處理淨收入均較灌溉次數多的試區 ( $M_1$ ) 各處理為高，尤其在不施氮肥情形下，差異最大。淨收入因施氮肥量增加而增加，施用銨態氮肥之淨收入要比尿素態氮肥為佳，尤其在灌溉次數多的情形下，施用硫酸銨之淨收入要比施用同量氮素的尿素處理高 24-30%，然在低含水量下，兩者淨收入相差較少僅 9-12%。土壤含水量較多之試區，單作收入較間作約高 12%，但在低水份含量時，間作淨收入較單作略佳，約高 9%。以本試驗淨收入比較之，不論水分含量或單間作，均以施用硫酸銨為最高。在土壤水份含量多時，單作玉米農民淨收益大，反之土壤灌溉次數少時，則間作玉米、大豆收益最佳。

#### 參 考 文 獻

1. 吳銘塘、徐玉標。1974。玉米栽培需水量試驗。科農，22:58-61。
2. 吳銘塘、徐玉標。1980。灌溉與施肥與台灣雜糧增產。科農，28:25-46。
3. 林慶喜。1970。大豆間作玉米播種期與栽植密度試驗。雜作簡報，9:309-312。
4. 徐玉標、蔡明華。1976。土壤改良及灌溉對農作物增產之影響。科農，24:7-24。
5. 徐錦泉。1970。水田裡作大豆間作玉米、高粱經濟利益比較試驗。雜作簡報 9:233-237。
6. 高雄改良場。1962。大豆、玉米間作試驗。雜作簡報，3:105-106。
7. 高雄農業改良場。1963。大豆、玉米間作試驗。雜作簡報，4:117-120。
8. 高雄農業改良場。1964。玉米、大豆間作方法試驗。雜作簡報，5:202-203。
9. 莊作權、曹枝賢。1966。土壤水分含量對磷、鉀有效性之影響。糖研報 40:113-125。
10. 莊作權、趙震慶及郭銘寶。1978。台灣旱作土壤之尿素轉化作用 I。尿素施用量與大豆、玉米間作對土壤氮素及 pH 之影響。農林學報，27:173-183。
11. 張新吉、顏貽淦及周讚昆。1964。玉米、大豆間作方法試驗。雜作簡報 5:200-201。
12. 張新吉、顏貽淦及周讚昆。1964。玉米灌溉時期試驗。雜作簡報 5:195。
13. 張新吉、顏貽淦及周讚昆。1965。玉米灌溉時期試驗。雜作簡報 6:247。

14. 黃裕銘。1978。施用尿素及硫裹尿素對土壤氮素轉變及玉米養份吸收的影響。中興大學第七屆碩士論文。
15. 詹元祐。1975。緩效性氮肥 CDU 之礦質化及其對甘蔗生長之影響。糖業彙報, 69:19-30。
16. 劉文慶、周德雄。1964。大豆、玉米間作試驗。雜作簡報 5:162-165。
17. 趙震慶、郭銘寶及莊作權。1979。台灣旱作土壤之尿素轉化作用 II。大豆、玉米間作與尿素施用量對作物養分吸收及產量之影響。中農化誌 17:10-22。
18. 蘇匡基等。1971。雜糧作物栽培管理與用水效率試驗。南改場研究彙報 6:70-90。
19. Ahmed, S. et al. 1976. Studies on intercropping with grain legumes---A review of I.N.P. U.T.S. Trial III. Proceedings of First Review Meeting I.N.P.U.T.S. Project. Honolulu, Hawaii, East-West Center, Hawaii, U. S. A.
20. Alexander, M. W. and C. F. Genter. 1962. Production of corn and soybeans in alternate pairs of rows. Agron. J. 54:233-234.
21. Alexander, M. 1977. Mineralization and immobilization of nitrogen. Nitrogen fixation: symbiotic. in Interduction to Soil Microbio. 225-250, 305-330, John Wiley and Sons, U. S. A.
22. The Asian Vegetable Research and Development Center. 1975. Annual Report for 1974:1-28. A.V.R.D.C., Shanhua, Taiwan, R.O.C.
23. The Asian Vegetable Research and Development Center. 1976. Annual Report for 1975:18-24, A.V.R.D.C., Shanhua, Taiwan, R.O.C.
24. The Asian Vegetable Research and Development Center. 1977. Annual Report for 1976:31-42, A.V.R.D.C., Shanhua, Taiwan, R.O.C.
25. Ayanaka, A. and B. T. Kang. 1976. Urea transformation in some tropical soils. Soil Biol. Biochem. 8:313-316.
26. Broadbent, F. E., G. N. Hill and R. B. Tyler. 1958. Transformation and movement of urea in soils. S.S.S.A.P. 22:303-307.
27. Brown, D. A. 1953. Cation exchange in soils through the moisture range saturation to the wilting percentage. S.S.S.A.P. 17:92-96.
28. Chiang, C. T. 1970. Decomposition and nitrogen transformation of slow-acting nitrogenous fertilizers in soil. Soil and Fertilizers in Taiwan 1970:21-48.
29. Cordero, A. and R. E. McCollum. 1978. Yield potential of interplanted annual food crops in southeastern U.S. Agr. J. 71:834-842.
30. Crookston, R. R. and D. S. Hill. 1979. Grain yield and land equivalent ratios from intercropping corn and soybeans in Minnesota. Agr. J. 71:41-44.
31. Fisher, W. B. Jr. and W. L. Parks. 1958. Influence of soil temp. on urea hydrolysis and subsequent nitrification. S.S.S.A.P. 22:247-248.
32. Jenne, E. A., H. F. Rhoades, C. H. Yien, and O. W. Howe. 1958. Change in nutrient element accumulation by corn with depletion of soil moisture Agron. J. 50:71-74.

33. Kurtz, T., S. W. Melsted and R. H. Bray. 1952. The importance of nitrogen and water in reducing competition between intercrops and corn. *Agr. J.* 44:13-17.
34. Mederski, H. J. and J. H. Wilson. 1960. Relation of soil moisture to absorption by corn plant. *S.S.S.A.P.* 24:149-152.
35. Oelsligle, D.D., R. E. McCollum and B. T. Kang. 1976. Soil fertility management in tropical multiple cropping. in Stelly, M., Multiple Cropping. A.S.A. special publication No. 27:275-292. A.S.A., U.S. A.
36. Radke, J. E. and W. C. Burrows. 1970. Soybean plant response to temporary field wind breaks. *Agron. J.* 62:424-429.
37. Simpson, D.M.H. and S.W. Melsted. 1963. Urea hydrolysis and transformation in some Illinois soils. *S.S.S.A.P.* 27:48.
38. Stanford, G. 1973. Rational for optimum nitrogen fertilization in corn production. *J. of Enviro. Quality.* 2:159-166.
39. Terman, G. L. and S. E. Allen. 1974a. Losses of nitrogen and mineral nutrients from corn growth in greenhouse pot experiment. *S.S.S.A.P.* 38:322-326.
40. Terman, G. L. and S. E. Allen. 1974b. Accretion and dilution of nutrients in young corn as affected by yield response to N.P.K. *S.S.S.A.P.* 38:455-459.

Effect of Different Nitrogen Application Rate and  
Soil Moisture Level on Yield and Quality  
of Soybean and Corn Crops.<sup>1)</sup>

Chen-ching Chao    Ming-pao Kuo    Tso-chuen Juang<sup>2)</sup>

Summary

The purpose of this study was to investigate soil factors and intercropping of soybean and corn on soil chemical properties, crop yield, grain nitrogen content, and net income under different soil environments. The experiment was arranged in a split block design, e. g. two soil moisture levels ( $M_1 \leq 90\%$  W.H.C.;  $M_2 \leq 45\%$  W.H.C.) as main plot, nitrogen treatments (0, 60, 120kg N/ha for urea, Ammonium sulfate only at 120 kg N/ha level) as subplot. Each treatment replicated four times. Field was arranged into monocropping or intercropping way. Soil pH, soil available nitrogen and nitrogen content in leaves at different growth stages and in grain were analyzed. The results obtained were summarized as follows:

Soil available nitrogen, and plant height, grain yield, leaf and grain nitrogen contents and nitrogen uptake of corn were all higher in the plot of low soil moisture level than that in the plot of high level one. The soil pH was affected by application of nitrogen fertilizer and irrigation which decreased in the early stage then increasing with time.

Soil available nitrogen was found increasing in the treatment of intercropping plot. Grain yield of corn in the monocropping plot increased by 10-33% as compared to intercropping. When soil moisture kept in low level, the net income of intercropping system was 9% higher than that in the monocropping system, while a 12% gain higher in monocropping system of high soil moisture level.

Soil available nitrogen, yield and plant height of corn grain nitrogen content, nitrogen uptake, and net income all increased with increasing nitrogen fertilizer application. The ammonium sulfate treatment had better results than in urea treatment. The nitrogen recovery rates in all treatments varied from 29.7% to 74.5% that were

- 
- 1) This project was financed by Council for Agricultural Planning and Development.
  - 2) Instructor, Assistant and Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, National Chung Hsing University.
  - 3) Date received for publication. July, 13, 1982.

higher in monocropping than in intercropping.

In comparing different form of fertilizers, ammonium sulfate had a higher nitrogen recovery rate than urea treatments at high soil moisture level. But urea treatment got higher recovery rate than the ammonium sulfate treatment at the low level of soil moisture.



National Chung Hsing University