

夏期綠肥栽培對於土壤理化性及其後作之影響

林 家 豪

一、引 言

中國肥料問題在農業生產上佔極重要位置，中央農業實驗所於民國二十四年至二十九年在蘇，皖，贛，湘，鄂，川，滇，黔，桂，魯，晉，冀，豫，陝等十四省擇定六十八個地點，舉行三要素肥效實驗，測定一百五十六個地區土壤肥力，根據六年田間試驗結果，其中施用氮素肥料可以增產者計有一百十六處，佔全數百分之七十六，若就實驗地點而言，六十八個地點中，施用氮素肥料，可以增加產量者佔五十七處，足證我國各地土壤普遍缺乏氮素，欲解決我國之肥料供應問題，自以設廠製造各種要素之化學肥料為最宜，但抗戰勝利以來內亂繼起，國家元氣大傷，百廢待舉，欲一時籌設大規模肥料工廠供應各地需要，實屬困難，農家為自力更生計，栽培綠肥，誠為實際增加土壤肥力之有效方法。

作者本拋磚引玉之旨，特將民國卅三年在閩省舉行之綠肥試驗舊稿，略加整理，予以發表，倘蒙讀者指正，則幸甚矣！

本試驗承 陳振鐸教授 熱誠指導，謹致謝忱！

二、試 驗 目 的

明瞭綠肥作物之適應力，注重田間觀察，生育狀況，產量比較，根瘤菌着生等等，以供選擇優良品種之參考，2，研究綠肥在生長期與埋伏後對於土壤理化性質之影響，先測定未種綠肥前試驗地土壤之理化性質：如假比重，孔度，水分，燃燒損失量，PH 值，石灰需要量及硝酸態氮含量等，然後於綠肥生長及埋伏後，再加以測驗，比較其差異顯著性，以定綠肥之效應，及研究各種綠肥對於後作之影響，以為利用綠肥之參考資料。

三、試驗方法與結果

1，土壤 本試驗地屬於灰棕類土壤，由頁岩及石英風化而成，顏色表層六公分左右為暗灰，其下十公分左右為淺黃灰色，心土則為橙黃，質地為粘壤土，底土常較表土粘重，構造為團粒及碎塊狀，腐植質含量中等，有效養分不豐。

2，供試綠肥 有五種，(a) 羽扁豆 (*Lupinus luteus* L.) (b) 田菁 (*Sesbonia aegyptica* Pers.)，(c) 蘇字苦勞豆 (*Crotalaria Sauata*) (d) 太陽麻 (*Crotalaria juncea* L.)，及 (e) 豬屎豆 (*Crotalaria Striata*)。

3，田間排列 本試驗用五種綠肥，另加一對照區（不種綠肥任其休閒者），共有六種處理隨機排列，四重覆共二十四小區，每小區面積為200平方尺，條播，行距一尺半。

4, 田間管理及記載, 民國三十三年五月十日下種, 種後三星期行第一次中耕, 再延四星行第二次中耕, 基肥與追肥均不施用, 田間記載之結果如第一表:

第一表 綠肥田間生長狀況記載

綠肥種類	記載項目	發芽率	高度(尺)	幼苗生長狀況	落葉期	開花期(日)	根瘤菌着生狀況	莖之強度
太陽麻		80%	8.5	健	八月中旬	135	單生, 細小, 數多, 分佈全根部	極木質化
羽扁豆		32%	2.6	弱	—	135	—	強韌
田菁		63%	9.0	健	八月中旬	135	散生, 體大, 分佈根上部	木質化
苦勞豆		45%	2.8	弱	—	135	群生, 鬚根末端最多	木質化
豬屎豆		90%	3.0	健	八月中旬	135	散生, 體小, 分佈根全部	柔韌

5, 收穫 本試驗規定開花達百分五十以上時即行收刈, 因綠肥種類不同, 開花時期懸殊, 故豬屎豆與苦勞豆在八月十二日收刈, 其他三者於八月廿七日收刈, 各種綠肥及對照區之新鮮莖葉重量如第二表。

第二表 各種綠肥新鮮莖葉收量(克/200平方尺)

區集	1	2	3	4	總計
太陽麻	34124	28248	28248	23748	114368
苦勞豆	7872	3748	7062	4624	23306
羽扁豆	1372	624	424	810	3240
田菁	15000	14000	20248	13748	62996
豬屎豆	22500	12248	15841	13872	64461
對照區什草	872	624	500	562	2558
總計	81740	59490	72333	57364	270929

6, 綠肥之埋伏 收刈稱量記載後, 復切為寸許長, 撒佈各原生長區, 使與土壤均勻混和, 然後任其在自然環境之下分解腐化。

7, 土壤樣本之採取與化驗 本試驗共採取土壤樣本三次, 第一次在種植前, 第二次在綠肥收刈後而未埋入前, 第三次在綠肥埋伏後五十日, 每次採取之樣本均加以化驗, 其項目及方法如下, (a) 假比重與孔度(用 Keen-Racz-Kwski 氏法) (b) 水分(用 J. S. Paradakis 氏速測法) (c) 燃燒損失量 (d) 硝酸態氮(用 Phenoldisulphuric Acid Method) (e) pH 值(用比色法) 及 (f) 石灰需要量。

茲將測得之結果列表於後:

第三表 栽種綠肥前後土壤之理化性

A. 未種植前土壤之理化性									
			水分	假比重	孔度	燃燒損失	PH 值	石灰需要量	NO ₃ 態N
			11.16%	1.58	38.64%	4.13%	6.5	127.83	0.0095
B. 綠肥收刈後未埋入前土壤之理化性									
太陽麻	羽扁豆	豬屎豆	苦勞豆	田菁	對照區				
6.47%	9.85%	5.77%	6.20%	6.65%	8.95%	1.51	1.49	1.52	1.53
40.32%	40.38%	41.12%	41.38%	41.83%	36.98%	3.84%	3.70%	4.02%	3.87%
6.1	5.9	5.9	5.7	6.0	5.9	134.64	143.67	142.03	142.03
無黃色	不明顯	稍呈黃色	不明顯	稍呈黃色	稍呈黃色				
C. 綠肥埋伏後五十日土壤之理化性									
太陽麻	羽扁豆	豬屎豆	苦勞豆	田菁	對照區				
6.10%	8.00%	7.20%	6.00%	5.60%	8.20%	1.47	1.44	1.35	1.51
48.34%	41.09%	43.23%	42.53%	42.05%	40.70%	6.38%	4.80%	6.18%	4.57%
5.9	6.1	5.7	6.9	5.6	6.1	154.81	134.19	154.81	134.19
0.0072	0.0006	0.0004	0.0005	0.0001	0.0001				

註：上列數字均由四次平均而得，石灰需要量係指每畝斤數，NO₃態N為100克中耗克數。

後作產量試驗 各種綠肥對於土壤理化性之影響，既如上述，茲更于同年十二月十二日下種小麥，藉以比較各種綠肥之肥效，至於栽種小麥則均參照當地農家一般之方法，所不同者為不施任何肥料耳，茲將每小區收量記載列如第四表。

第四表 小麥之收量 (克/200平方尺)

區集	處理							總和
	太陽麻區	羽扁豆區	豬屎豆區	苦勞豆區	田菁區	對照區		
1	3470	1710	3045	1890	2035	1455	13605	
2	2540	1480	1925	1332	1915	1390	10582	
3	2040	1480	1838	1638	2365	1545	10906	
4	2015	1370	1985	1362	1915	1425	10072	
總和	10065	6040	8793	6222	8230	5815	45165	

四 統計分析與討論

(41)

I 綠肥產量之統計分析，由綠肥產量表，用變量分析，得結果如第五表、

第五表 綠肥產量之變量分析

變異原因	自由 度	平 方 和	變 量	F	5%	1%
區 集	3	65,464,381	21,321,460	3.60	3.29	5.42
品 種	5	2,382,553,180	476,510,636	79.78	2.90	4.56
機 誤	15	89,580,972	5,972,064	—	—	—
總 和	23	2,537,598,533	—	—	—	—

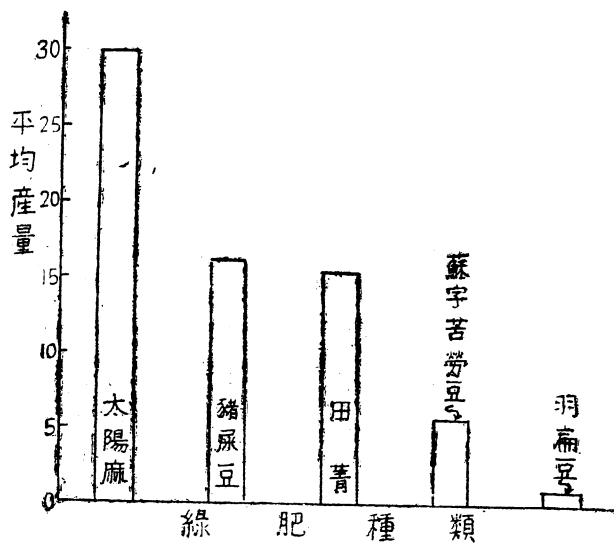
由上表可知綠肥產量差異之顯著，確因種類不同所致，至於彼此差異情形，由第六表及第一圖則更明顯矣太陽麻產量最高，田菁與與豬屎豆產量相若，差異不顯著，太陽麻分佈區域與日照長短關係密切，我國東南部份，日照尚長，適於生長，豬屎豆產量雖不及太陽麻，惟其莖組織柔軟，易於分解，肥效大，太陽麻莖之組織較堅韌，惟其纖維長，強度韌，可以製繩索之用，故二者各有利弊，亟宜推廣，普及栽培。

第六表 綠肥平均產量差異比較 (克/200平方尺)

綠 肥 種 類	平均產量	差 異				
太 陽 麻	28595					
豬 屎 豆	16115	12477**				
田 菁	15745	12843**	370			
苦 勞 豆	5827	34419**	10888**	9022**		
羽 扁 豆	810	27782**	15365**	14939**	5017	
對 照	640	27952**	15475**	15129**	5187**	170

1% 差異顯著標準值 = 5092.4

第一圖 綠肥平均產量比較 (克/每200平方尺)

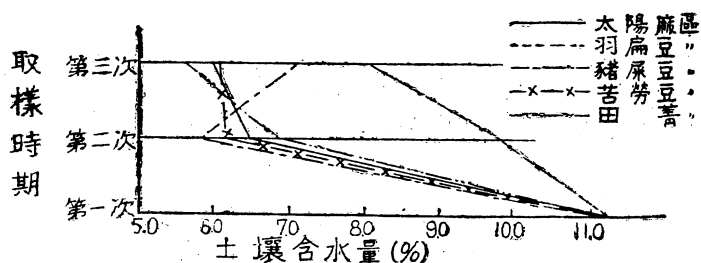


II 應用統計分析討論綠肥對於土壤理化性質之影響

本試驗之第二目的，在於明瞭土壤未植綠肥之前，與綠肥收刈之時，及埋伏之後，對於土壤理化性之變異，故以 Fisher 氏 t-test 測定其在各時期中差異之顯著性，茲將結果分述如下：

1, 土壤含水量：土壤經綠肥種植前後，其含水量之變異情形可以第二圖見之，更由第七表可知未種植前土壤含水量與收刈時之比，除羽扁豆區及對照區外，其他小區含水量均顯著減少，至於埋伏後經五十日之分解作用，其含水量亦不如種植前之高，照理論上言之，綠肥埋伏分解後，可以添加土壤有機膠體物含量，提高懷水作用，(Imbibition) 增加土壤含水量，據作者意見，諒因福建秋季雨水減少，氣候乾燥，及土壤經綠肥種植後，孔度增加，促進水分流失也，本試驗地土壤之孔度與水分含量之相關係數 r 為 -0.6827 ， t 為 4.65 ，即土壤含水量與孔度確有負相關，且極顯著，換言之孔度百分率愈高，含水量愈少也。

第二圖 土壤含水量變異之曲線

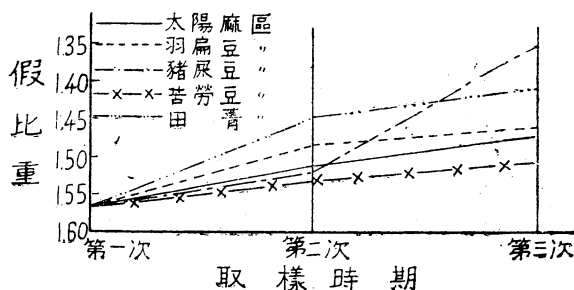


第七表 土壤含水量差異性之比較

處理	種植前與收刈時之比較					種植前與埋伏後之比較				
	\bar{X}_a	\bar{X}_b	N	t	顯著性	\bar{X}_a	\bar{X}_b	N	t	顯著性
太陽麻區	11.15	6.47	4	3.058	顯著	11.15	6.10	4	3.825	顯著
羽扁豆區	11.15	9.85	4	1.850	不顯著	11.15	8.00	4	2.172	不顯著
豬屎豆區	11.15	5.70	4	6.821	顯著	11.15	7.20	4	4.867	顯著
苦勞豆區	11.15	6.20	4	3.510	顯著	11.15	6.00	4	4.724	極顯著
田菁區	11.15	6.65	4	3.781	顯著	11.15	5.60	4	3.201	極顯著
對照區	11.15	8.95	4	2.558	不顯著	11.15	8.15	4	4.615	極顯著

2, 假比重 由第三圖及第八表，可知同一土壤因種植各種綠肥，對於其假比重之變異，亦不一，其中在種植前及收刈時之比較，僅太陽麻區與田菁區兩者生長強旺，根部發達，對於土壤假比重之變異甚有影響，但經埋伏後，僅羽扁豆區及對照區較原來差異不明顯，其他則均有顯著差異矣。

第三圖 土壤假比重變異之曲線



第八表 土壤假比重差異性之比較

處理	種植前與收刈之比較					種植前與埋伏後之比較				
	\bar{X}_a	X_b	N	t	顯著性	X_a	X_b	N	t	顯著性
太陽麻區	1.57	1.51	4	3.00	顯著	1.57	1.47	4	7.04	極顯著
羽扁豆區	1.57	1.49	4	1.40	不顯著	1.57	1.44	4	0.35	不顯著
猪屎豆區	1.57	1.52	4	1.40	不顯著	1.57	1.35	4	4.11	顯著
苦勞豆區	1.57	1.53	4	0.76	不顯著	1.57	1.51	4	3.44	顯著
田菁區	1.57	1.45	4	3.40	顯著	1.57	1.41	4	0.47	不顯著
對照區	1.57	1.52	4	2.30	不顯著	1.57	1.51	4	0.73	不顯著

由上所述，除羽扁豆區外，其他各種綠肥對於土壤假比重之變異，均有顯著影響，但變異程度之深淺，尚未提及，故以變異分析測得結果如第九表及第十表，由此可知，猪屎豆對於土壤假比重之影響，遠勝於其他四種綠肥，故粘重土壤，若適於種植綠肥，改良土壤理性實有厚望焉！

第九表 土壤假比重之變異分析

變異原因	自由度	平方和	變量	F	%	%
區集	3	0.0147	0.0049	1.44	3.29	5.42
處理	5	0.0820	0.0164	4.82	2.90	4.56
機誤	15	0.0510	0.0034			
總和	23					

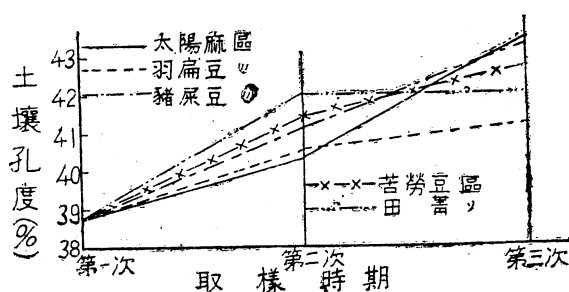
第十表 土壤平均假比重之差異比較

處理	平均	差	異
對照區	1.51		
苦勞豆區	1.51	0.00	
太陽麻區	1.47	0.04	0.04
羽扁豆區	1.44	0.07	0.07
田菁區	1.41	0.10*	0.10*
猪屎豆區	1.35	0.16**	0.16**

1% 差異顯著標準值 = 0.1203
5% 差異顯著標準值 = 0.0371

3, 孔度 由第四圖各種綠肥在種植前後對於土壤孔度之變異, 可以略知梗概, 更由第十一表可知土壤之孔度在綠肥種植前與收刈時之比, 以太陽麻區及田菁區差異極為顯著, 諒因兩者根部發達, 伸展散布, 疏鬆土粒, 增加孔度也, 但埋伏後, 除羽扁豆區外, 其他綠肥均使土壤孔度增加, 差異顯著, 而豬屎豆區與蘇字苦勞豆區在收刈時差異不顯著, 但施用於土壤後, 差異則顯著矣, 而對照區之孔度與未種植前比較, 則仍無顯著差異也, 由此足證埋伏綠肥足以增加土壤有機膠體物, 增進群集作用 (Flocculation), 使微小土粒變為團粒, 提高孔度百分率也。

第四圖 土壤孔度變異之曲線

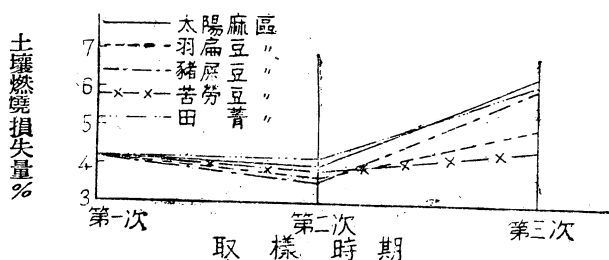


第十一表 土壤孔度百分率差異性之比較

處理	種植與收刈時之比較					種植前與埋伏後之比較				
	\bar{X}_a	\bar{X}_b	N	t	顯著性	\bar{X}_a	\bar{X}_b	N	t	顯著性
太陽麻區	38.69	40.32	4	4.79	極顯著	38.69	43.34	4	5.41	極顯著
羽扁豆區	38.69	40.35	4	2.62	不顯著	38.69	41.09	4	2.38	不顯著
豬屎豆區	38.69	40.12	4	2.27	不顯著	38.69	43.32	4	4.01	顯著
苦勞豆區	38.69	41.38	4	2.32	不顯著	38.69	42.63	4	3.89	顯著
田菁區	38.69	41.83	4	11.75	極顯著	38.69	42.05	4	8.15	極顯著
對照區	38.69	36.98	4	1.73	不顯著	38.69	40.70	4	2.11	不顯著

4, 燃燒損失量 土壤燃燒損失量之變異情形, 茲以第五圖示之, 各時期樣本所得分析結果, 比較其差異顯著性如第十二表, 該表示太陽麻區及田菁區, 經種植後, 燃燒損失量顯著減少, 此諒因該兩區土壤之孔度, 在收刈時已顯著增加, 利於氣水流通, 促進生物與化學作用, 使有機物迅速分解, 因此含量特別減少, 但埋伏後經過五十日之分解, 則不僅可以彌補綠肥在生長期間所消耗之燃燒損失量, 甚至較未種植綠肥前之含量尤有增加, 太陽麻, 田菁及豬屎豆三區埋伏數量多, 增加特別顯著, 羽扁豆區與對照區雖亦略增加, 但不明顯, 故埋伏數量與土壤燃燒損失量, 至關重要, 每次應埋伏若干? 方可改良土壤環境, 適應植物生長, 尙待研究之必要。

第五圖 熱燒損失量變異之曲線

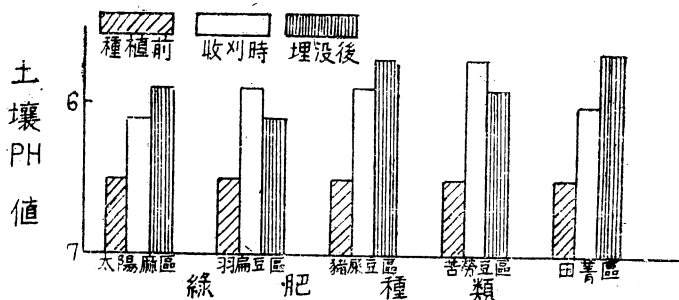


第十二表 熱燒損失量差異性之比較

處理	種植前與收刈時之比較					種植前與埋伏後之比較				
	\bar{X}_a	\bar{X}_b	N	t	顯著性	\bar{X}_a	\bar{X}_b	N	t	顯著性
太陽麻區	4.131	3.829	4	9.490	極顯著	4.131	6.375	4	16.251	極顯著
羽扁豆區	4.131	3.781	4	3.254	顯著	4.131	4.804	4	1.632	不顯著
豬屎豆區	4.131	4.020	4	0.620	不顯著	4.131	6.185	4	3.759	顯著
苦勞豆區	4.131	3.870	4	4.053	顯著	4.131	4.571	4	3.978	顯著
田菁區	4.131	3.857	4	18.610	極顯著	4.131	5.997	4	10.661	極顯著
對照區	4.131	3.945	4	1.410	不顯著	4.131	4.157	4	0.134	不顯著

5, PH值及石灰需要量 土壤經種植綠肥後, PH 值普遍降低, 埋伏五十日後, 則更降低, 但其降低數字, 並不如想像之明顯, 茲將其變異情形, 以第六圖示之。土壤既傾向酸性, 勢需

第六圖 綠肥種植前後土壤 PH 值之變異



施用石灰加以中和, 茲測得埋伏綠肥後每畝宜施用生石灰140—160斤左右, 其分量自較未埋伏前之施用量130—140斤稍有增加, 又綠肥施用量多時, 石灰需要量遂亦提高, 自不待言矣。

6, 硝酸態氮 本試驗地土壤貧瘠, 硝酸態氮含量甚低, 種植前每百克土壤中僅含0.0095mg, 第二次取樣在綠肥收刈時, 因土壤中大部分硝酸態氮為植物吸收, 其量更見降低, 僅存痕跡而已, 綠肥埋伏後五十日採取第三次樣本, 測定結果, 顏色稍明顯, 然其含量仍不及第一次樣本, 此項試驗, 尙待繼續進行。

III 各種綠肥對於後作產量之影響 由第四表資料算得變量分析及平均產量差異比較如第十三、十四兩表，可知綠肥對於後作確有顯著影響，若將平均產量換算為市畝斤數，則太陽麻區比對照區每畝多八十五斤，豬屎豆區及田菁區比對照區多五十斤左右，各有50—73%之增收，此等數字在今日增產策中，誠有注意之必要。

第十三表 小麥產量之變量分析

變異原因	自由度	平方和	變量	F	5%	1%
區集	3	1,248,577	416,192.3	4.17	3.29	5.42
處理	5	3,871,049	774,209.0	7.75	2.90	4.56
機誤	15	1,497,821	99,854.7			

第十四表 小麥平均產量差異比較 (克/200平方尺)

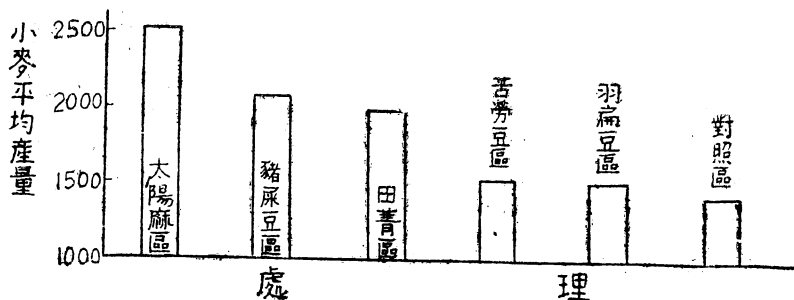
處理	平均產量	差				異
太陽麻區	2516.2					
豬屎豆區	2193.2	318.9				
田菁區	2057.5	458.7*	140.7			
苦勞豆區	1555.5	960.7**	542.7**	502.0*		
羽扁豆區	1510.0	1006.2**	688.2**	547.5**	45.5	
對照區	1453.7	1062.5**	744.5**	603.8**	101.8	563

5%差異顯著標準值=384.1

1%差異顯著標準值=531.9

茲為明瞭綠肥對於後作增產效果起見，更以圓柱圖比較之如下：

第七圖 小麥平均產量比較(克/每200平方尺)



五、結 論

1. 供試之五種綠肥中以太陽麻、豬屎豆及田菁三者產量最高，生長強健適于我國東南沿海一帶栽培，太陽麻產量雖高，但莖質硬化，不易分解，惟其莖之纖維尚長，可以利用，豬屎豆產

量雖次，但質柔軟，易於分解，若僅以肥效言，則以豬屎豆為最好之夏期綠肥作物。

2, 土壤含水量，在生長期中除羽扁豆區與對照區外，均顯著減少，埋伏後除羽扁豆區外，均顯著降低。

3, 太陽麻及田菁根部發育旺盛，在生長期中，可以減少土壤假比重，其他各區及對照區則否，埋伏後，除羽扁豆區與對照區外，其他各區均使土壤假比重顯著降低，其中以豬屎豆區降低最甚。

4, 在生長期中除羽扁豆區，蘇字苦勞豆區及對照區外，其他三種綠肥對於土壤孔度百分率，顯著增加，埋伏後，僅羽扁豆區與對照區例外，其他各區仍有顯著增加。

5, 土壤含水量與孔度有負相關 $r = 0.6827 < t = 4.6572$ 極顯著。

6, 燃燒損失量在綠肥生長期中，除羽扁豆區與對照區外，均顯著減少，埋伏後則僅羽扁豆區與對照區增加不顯著，其他均顯著增加。

7, 土壤 PH 值經綠肥種植及埋伏後均普遍降低，而石灰需要量則有提高之傾向。

8, 各種綠肥使用對於後作小麥產量差異極顯著，其中以太陽麻區產量最高，較對照區每畝增加百分之七十三，豬屎豆區及田菁區各增加百分之五十左右。

六、參 考 文 獻

- 1, 鐘興正
戰時中國肥料問題 西大農訊第六期1941
- 2, 范福仁譯
生物統計與試驗設計1941
- 3, Papadakis, J. S.
A rapid method for determining soil moisture, Soil Science, 1941.
- 4, Russell, B. John.
Soil condition and plant growth, pp.352-446. 1932.
- 5, Singh, B. N. & Singh, S. N.
Analysis of *Crotalaria juncea* With special referenced to its use in green manuring and fiber production. Jour, Amer. Soc. Agron. 28 : 3, 1936.
- 6, Singh, B. N. & Singh, S. N.
Photoperiodism, a factor in determining the manurial affeciency and distribution of *Crotalaria juncea*, Jour. Amer. Soc Agron. 29 : 2, 1937.
- 7, Singh, B. N. & Singh, S. N.
Decomposition of *Crotalaria juncea* under field condition, Jour. Amer. Soc. Agron. 29; 11, 1937.
- 8, Wright, C. H.
Soil Analysis, 1939.