綠肥對春作高粱生長影響之研究[1]

蔡宜峰　黃勝忠　賴文龍[2]

摘　要

試驗分爲不同綠肥作物與埃及三葉草配合石灰處理兩部分，以探討冬季裡作綠肥對春作高粱生育及子實產量之影響，並研究掩施綠肥後土壤地力之變化。試驗結果顯示，在酸性或鹼性土壤，埃及三葉草盛花期之青掩鮮重最高，可達16.8t/ha，優於紫雲英及油菜。而後作高粱子實產量亦以埃及三葉草處理區最高。二年試作結果顯示，播種埃及三葉草對春作高粱的平均增產率約16.4%。在酸性土壤播種埃及三葉草之前二週施用石灰3t/ha，可使埃及三葉草的青掩鮮重增加43.3%，平均達到22.5t/ha。而高粱子實產量亦以埃及三葉草配合石灰處理最高，平均增產率約24.2%，其次依序爲單獨石灰區，單獨綠肥區及對照區。在高粱子實產量指數與埃及三葉草的青掩鮮重之間有顯著的二次迴歸曲線相關。掩施綠肥對土壤有機質含量略有增加且能緩和土壤pH值下降之趨勢。

前　言

綠肥作物是一種能增進土壤地力的植物。主要由於綠肥作物多屬柔嫩多汁的植物組織，當掩施入土壤後，極易被土壤中的微生物分解，而分解後之有機物質在土壤中扮演著許多重要角色。因此，掩施綠肥不僅能增進土壤肥力且有利於後作作物之生長(1,2,4,5,6)。綠肥作物常用荳科作物，具有固定空氣中氮素的能力，掩施入土壤中則成爲土壤氮素的重要來源之一，因此，可減少後作作物化學氮肥的用量(1,3,4,5)。

以往專家學者對於綠肥作物的效能已有諸多研究，並大多有肯定綠肥功效的結論，但多屬於有關水田的研究(1,3,5,6)。魏氏(2)指出在蔗田旱作情況下應用綠肥作物僅略有增加土壤有機質及緩和土壤pH值下降之功效，對甘蔗生長及產量則無幫助。而Reddy等(7)則指出掩施綠肥雖能增加後作黑麥、小麥及玉米之產量及乾物質，但由綠肥所提供的氮素被後作作物吸收之利用率相當低。因此，綠肥在旱作應用的效果有待多方面探討。所以本試驗即選擇目前本省較常用的綠肥作物如荳科的埃及三葉草(Berseem clover, *Trifolium alexandrinum*, (TABOR)、紫雲英(Chinese milk vetch, *Astragalus* sinicus L.)及十花科的油菜(rape, *Brassica campestris* L.)等三種綠肥作物，並分別在酸性的砂頁岩沖積土及鹼性的粘板岩沖積土栽培以探討綠肥作物應用在高粱旱作田的功效，另在酸性土壤地區應用石灰配合綠肥處理，以及不同等級的化學氮肥用量處理，以期建立較適當的方法使綠肥在旱作上能發揮最大功效，而能減少施用化學肥料，以供在旱作耕作系統上推廣利用綠肥作物之參考。

---

[1] 台中區農業改良場研究報告 0185 號。

[2] 台中區農業改良場助理、助理研究員及技工。

材料與方法

本試驗主要分爲兩大部分處理，第一部分爲不同綠肥作物試驗，自民國七十五年十月至七十六年八月，第二部分爲埃及三葉草配合石灰試驗，自民國七十六年十月至民國七十七年八月。採裂區設計，試驗處理及地點詳列於表一。供試材料包括高粱(台中5號)，埃及三葉草，紫雲英及油菜等，試驗田區表土土壤一般特性如表二。

表一、試驗處理及地點

Table 1. The treatments and locations of the experiment

Treatments	1987 in Tatsuen and Waipu	1988 in Nantou and Shenkang
Main-plot		
A	Check	Check
B	Milk vetch	Berseem clover
C	Berseem clover	Lime
D	Rape	Berseem clover+Lime
Sub-plot		
N1	50kg N/ha	50kg N/ha
N2	100kg N/ha	100kg N/ha
N3	150kg N/ha	150kg N/ha

表二、試驗前一般土壤性質

Table 2. Origin properties of the soil on which the experiment was conducted

Location	Texture[1]	Soil pH	Organic matter (%)	Available P (ppm)	Exchangeable cation		
					K	Ca (ppm)	Mg
Waipu	L	5.9	1.4	51.2	12.9	870	99
Tatsuen	CL	7.7	3.2	161.6	70.1	2420	560
Nantou	Fsl	4.8	1.5	22.3	15.5	505	130
Shenkang	L	5.3	1.7	21.0	84.4	475	110

[1] L: Loam, CL: Clay Loam, Fsl: fine silt loam, L: Loam.

試驗實施步驟在不同綠肥作物試驗爲選擇酸性(砂頁岩沖積土)及鹼性(粘板岩沖積土)土壤各一處。冬季裡作播種埃及三葉草及紫雲英，播種量爲10kg/ha。油菜于翌年二月初播種，播種量爲8kg/ha。在埃及三葉草配合石灰試驗方面，則選擇酸性的砂頁岩沖積土及紅壤地區各一處，于冬季裡作埃及三葉草前二週施用3t/ha的石灰，埃及三葉草的播種量爲10kg/ha。

綠肥作物翻犁入土中的時機均在春作高粱播種前二週，即于綠肥作物的盛花期，將綠肥計量翻入土中，湛水醱酵，經二週後，直接開溝播種高粱。化學肥料施用法爲磷肥全量及氮、鉀肥半量爲基肥，餘半量于高粱播種後45天施用。氮素(硫酸銨)施用量爲試驗副區處理，分別爲50，100，150kg N/ha。磷肥(過磷酸鈣)及鉀肥(氯化鉀)則各定爲P_2O_5 90kg/ha及K_2O 90kg/ha。試驗土壤調查分析包括土壤pH值(1:1水土比)，土壤有機質、土壤有效性

磷及交換性鉀、鈣及鎂等，並於高粱收穫期調查子實產量、株高、穗重、千粒重等各項農藝性狀。

結　果

綠肥作物青掩鮮重量調查

由綠肥青掩鮮重調查結果顯示，在不同綠肥栽培中，無論是酸性砂頁岩沖積土(外埔試區)或鹼性粘板岩沖積土(大村本場試區)，都以埃及三葉草的青掩鮮重最高，平均可達16.8t/ha (表三)。其次爲紫雲英，平均11.9t/ha，再次爲油菜8.5t/ha。如以綠肥生草含氮率，埃及三葉草0.38%，紫雲英0.40%及油菜0.36%，換算爲掩施入土壤的氮素量，則埃及三葉草的平均掩施氮素量約爲63.9kg N/ha，紫雲英約47.4kg N/ha，油菜約30.8kg N/ha。而從埃及三葉草配合石灰試驗之結果顯示，在播種埃及三葉草前二週施用3t/ha的石灰。可以增加埃及三葉草的青掩鮮重，且在南投及神岡兩試區均有相同結果，而其青掩鮮重平均可達22.5t/ha，優於未施石灰而單獨播種埃及三葉草處理的15.7t/ha，平均增加率約43.3%。

表三、綠肥作物盛花期青掩鮮重

Table 3. The fresh weight of green manures at blooming stage in 1987 and 1988

Treatment	Waipu	Tatsuen (t/ha)	Mean	Index (%)
Milk vetch	10.8	12.9	11.9	138.4
Berseem clover	15.7	17.9	16.8	195.3
Rape	8.1	9.0	8.5	100.0
	Nantou	Shenkang (t/ha)	Mean	Index (%)
Berseem clover+No liming	14.5	16.8	15.7	100.0
Berseem clover+liming	19.5	25.5	22.5	143.3

高粱生育及產量之調查

在不同綠肥作物配合氮肥之高粱生育及產量調查顯示，無論是大村本場或外埔試區，不同綠肥作物之主區處理，以埃及三葉草處理區的效應最佳，優於紫雲英，油菜及對照區。而高粱的株高，穗重及產量上在埃及三葉草區、紫雲英區、油菜區與對照區都達顯著之差異水準(表四)。以高粱子實產量而言，埃及三葉草處理區的高粱子實產量比未種綠肥的對照區分別可增產21.2% (大村試區)及23.3% (外埔試區)。至於副區處理的氮肥試驗，高粱生育及子實產量均隨氮肥用量之增加而有增加的趨勢，惟N2 (100kg N/ha)及N3 (150kg N/ha)處理之間的差異不顯著。

綠肥與石灰配合施用之效應實驗結果顯示，在播種埃及三葉草之前二週施用石灰3t/ha的處理區，顯著地增加埃及三葉草青掩鮮重平均達43.3% (表三)。而後作之高粱子實產量則以埃及三葉草配合石灰處理區最高，比對照區之增產率可達14.1% (南投)及34.3% (神岡)，其次爲單獨石灰處理區，再次爲單獨綠肥處理區。無論在南投或神岡試區都有相同之趨勢(表五)。至於不同氮肥用量之副區處理，高粱子實產量依次爲N3 (150kg N/ha)>N2 (100kg N/ha)> Nl (50kg N/ha)，但N3與N2處理間差異不顯著。

表四、1987 年春作高粱產量及農藝特性

Table 4. The grain yield and agronomic characters of spring sorghum in 1987

Location	Treatment[1]	Plant height[2] (cm)	Head Wt. (g)	1000 grains Wt. (g)	Grain yield (t/ha)	Yield index (%)
Tatsuen	A	148b[3]	45.4b	28.9a	4.68b	100.0
	B	152ab	44.5b	27.1a	4.89ab	104.5
	C	157a	52.0a	30.8a	5.67a	121.2
	D	150b	43.4b	28.3a	4.49b	95.9
	N1	147b	39.6c	24.5b	4.05b	100.0
	N2	152a	47.2b	29.9a	5.14a	104.6
	N3	155a	51.4a	31.9a	5.62a	138.8
Waipu	A	154a	56.3a	35.7a	5.70b	100.0
	B	157a	60.4a	34.7a	5.96b	104.6
	C	159a	63.0a	41.3a	7.03a	123.3
	D	157a	57.9a	35.1a	6.37ab	111.8
	N1	151c	54.0b	32.9a	5.57a	100.0
	N2	157b	58.8ab	37.9a	6.23a	111.8
	N3	161a	64.5a	39.3a	6.62a	118.9

[1] A: Check, B: Milk vetch, C: Berseem clover, D: Rape.
N1, N2, N3: 50, 100, 150 kg N/ha, respectively.

[2] At heading stage.

[3] Values within the column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表五、1988 年春作高粱產量及農藝特性

Table 5. The grain yield and agronomic characters of spring sorghum in 1988

Location	Treatment[1]	Plant height[2] (cm)	Head Wt. (g)	1000 grains Wt. (g)	Grain yield (t/ha)	Yield index (%)
Nantou	A	145.5a[3]	57.9a	32.9a	4.40a	100.0
	B	142.0b	55.6a	34.0a	4.60a	104.5
	C	153.6a	60.1a	33.0a	4.81a	109.3
	D	149.2ab	64.1a	33.7a	5.02a	114.1
	N1	144.2b	54.5b	32.4b	4.06b	100.0
	N2	148.2a	61.6a	33.2a	4.95a	121.9
	N3	150.1a	62.2a	34.6a	5.11a	126.0
Shenkang	A	138.4a	51.9b	38.1a	3.99b	100.0
	B	139.7a	56.8b	39.1a	4.65ab	116.6
	C	141.6a	63.4ab	41.5a	4.99ab	125.0
	D	143.8a	75.2a	40.7a	5.36a	134.3
	N1	139.7a	61.0b	38.7a	4.26a	100.0
	N2	141.9a	63.7a	40.0a	4.94a	116.0
	N3	141.1a	60.8b	40.8a	5.03a	118.1

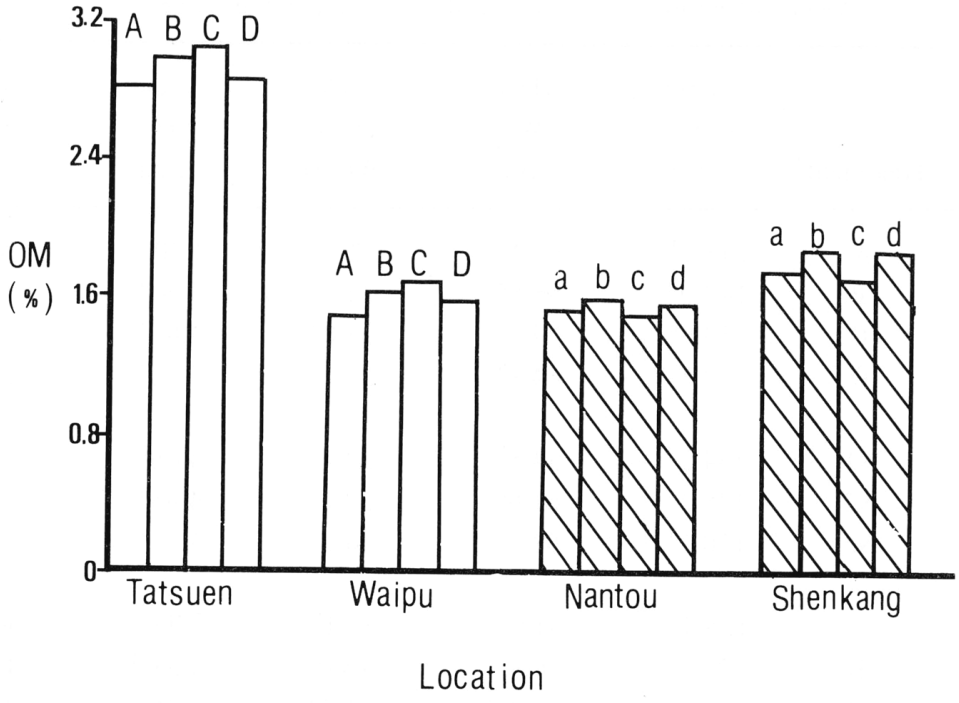
[1] A: Check, B: Berseem clover, C: Line, D: Berseem clover+Lime.
N1, N2, N3: 50, 100, 150 kg N/ha, respectively.

[2] At heading stage.

[3] Values within the column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

土壤特性之調查

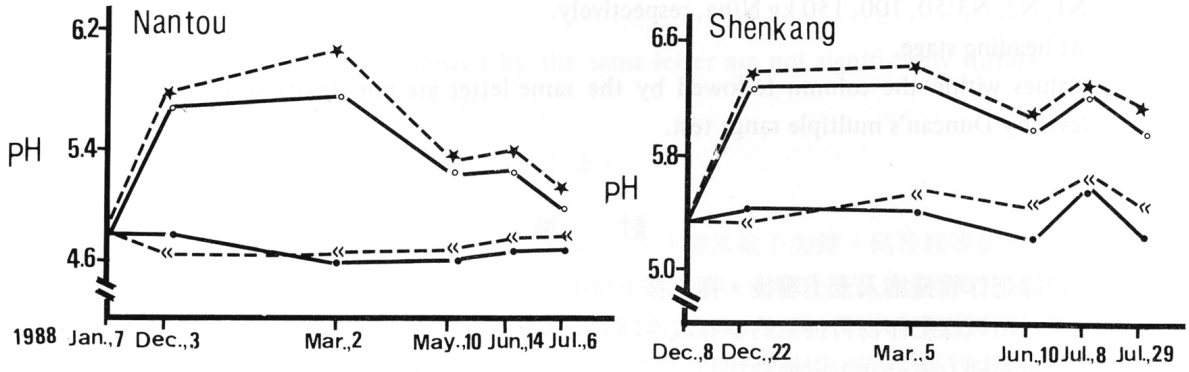
在土壤特性調查上，則各處理間之有效性磷及交換性鹽基離子如鉀、鈣及鎂等並無顯著的差異。但土壤有機質及pH值，則有若干差異存在。例如依試驗後土壤有機質含量變化顯示(圖一)，在大村本場及外埔兩試區的有機質含量均以埃及三葉草處理區較高，其次爲紫雲英處理區，再次爲油菜處理區，而播種及掩施綠肥處理的土壤有機質含量都比對照區無綠肥處理者略高。在南投及神岡兩試區中，埃及三葉草處理區的土壤有機質顯然高於未播種埃及三葉草區處理區者。而施用石灰再播種埃及三葉草處理區，雖然埃及三葉草青掩量增加43.3%之多，但土壤有機質含量並無明顯的增加。單獨施用石灰處理區之土壤有機質含量則略低於對照區，而施石灰並且掩施埃及三葉草之處理區土壤有機質則維持較高水準。由土壤pH值的變化顯示，施用3t/ha石灰處理二週後，土壤pH值平均提高約0.9~1.0個單位左右，而且各不同處理之土壤pH值均隨高粱生育期的變化而有下降的趨勢，但播種及掩施埃及三葉草處理區的土壤pH值下降比無綠肥區者較爲緩和(圖二)。



圖一、試驗後土壤有機質含量之變化

Fig. 1. The soil organic matter contents after the harvest.

A: Check	a: Check
B: Milk vetch	b: Berseem clover
C: Berseem clover	c: Lime
D: Rape	d: Berseem clover+Lime



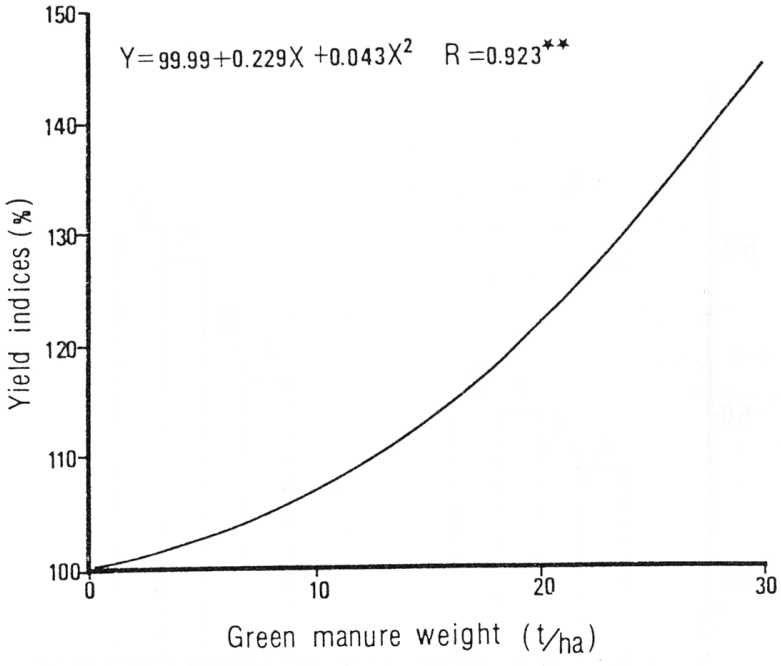
圖二、埃及三葉草配合石灰處理對土壤 pH 值之影響
Fig. 2. The effects of Berseem clover with lime treatment on soil pH.
●: Check « : Check
°: Milk vetch ✡: Berseem clover

討　論

由於綠肥作物掩施入土土壤後，極易被土壤中微生物分解，因此，可以增進地力及促進後作作物生長。所以綠肥作物青施量的多寡成爲關鍵因素[1,4,5]。本試驗中播種不同綠肥作物所獲得的青掩鮮重不同(表三)，以播種埃及三葉草的青掩鮮重最高，其次依序爲紫雲英及油菜，而其對高粱子實產量之影響而隨著其青掩鮮重增加而增加。播種埃及三葉草之前二週施用石灰，亦可增加埃及三葉草的青掩量(表四)。而且在二年四試區的栽培中，播種埃及三葉草對春作高粱子實產量的平均增產率可達16.4%。因此，特以埃及三葉草爲例，將各處理的埃及三葉草青掩量與春作高粱子實產量指數作迴歸分析，結果顯示二者之間有極顯著的二次迴歸曲線相關(圖三)。由此圖顯示高粱子實產量隨埃及三葉草青掩鮮重之增加而增加，如埃及三葉草青掩鮮重量爲20t/ha時，高粱子實產量指數增加約22%。但當埃及三葉草青掩量介於0~10t/ha間，高粱子實產量增產率增加相當緩慢。可見得在綠肥青掩量低於10t/ha以下時，綠肥對春作高粱的影響效果不明顯。而當青掩量大於10t/ha以上時，高粱子實產量指數呈現較顯著的增加。

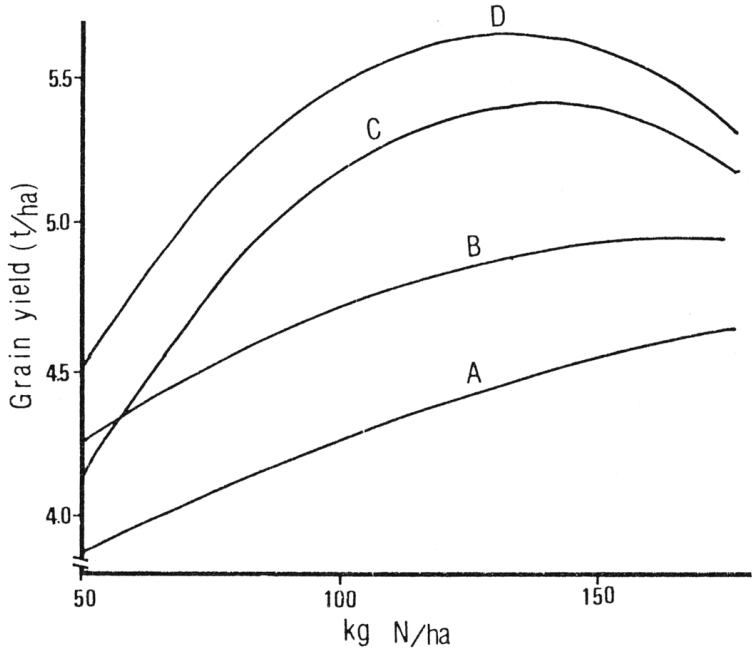
許多報告都曾肯定綠肥作物爲土壤中氮素之極重要的來源之一[1,3,6]。如在水田中掩施15t/ha的紫雲英能節省化學氮素約50~70kg N/ha，施15t/ha的埃及三葉草則能減少約40kg N/ha的化學氮素用量[1,3]。Morris等更指出當含氮素量70~80kg N/ha的綠肥掩施入土壤中，在水稻產量上可增產約1.2~2.0Mg/ha[5,6]。

又由配合施用石灰之試驗結果可知，高粱對施用石灰改良土壤性質的效應優於單獨掩施綠肥者之效應，而綠肥配合石灰施用時，對高粱的影響效應則表現的更顯著(表五)。由圖四迴歸曲線可瞭解綠肥配合石灰處理在不同化學氮肥用量下對高粱子實產量之影響。圖四曲線顯示，綠肥與石灰所組合成的四種主區處理對高粱子實產量的影響與化學氮肥的用量之間亦有交感效應。譬如四種主區處理的高粱子實最高產量依序分別爲綠肥配合石灰處理區約5.7t/ha，單獨石灰區約5.5t/ha，單獨綠肥區約4.9t/ha及對照組約4.5t/ha，而在單獨石灰區即使再增加化學氮肥用量亦無法達到綠肥配合石灰處理區的效應，同樣地在



圖三、埃及三葉草青掩鮮重與春作高粱子實產量指數之關係

Fig. 3. Relationship between the fresh weight of Berseem clover and the grain yield indices of spring sorghum.



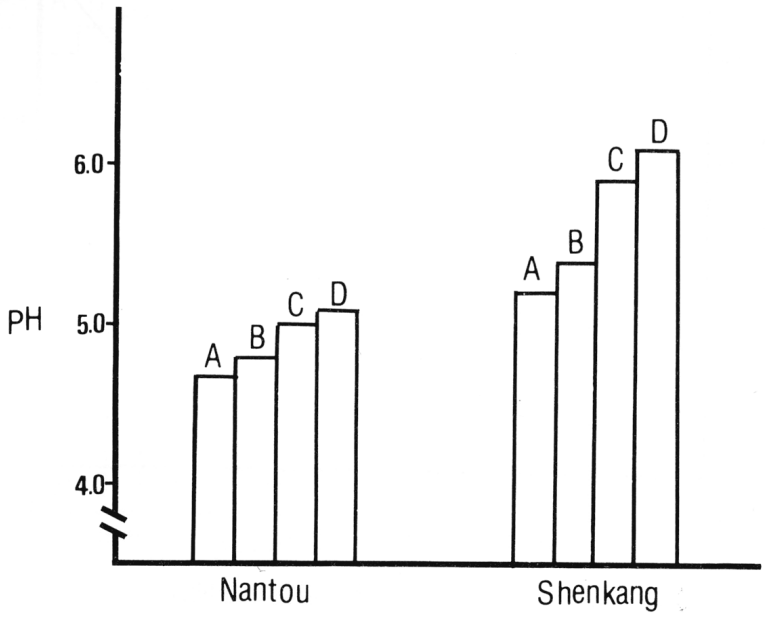
圖四、埃及三葉草配合石灰處理下氮肥施用量與春作高粱子實產量之關係

Fig. 4. Relationships between the grain yield of spring sorghum and nitrogen application rates of various treatments.

A: Check	$Y=3.375+0.011X-0.000023X^2$	0.705*
B: Berseem clover	$Y=3.53+0.017X-0.000052X^2$	0.726*
C: Lime	$Y=2.282+0.045X-0.000162X^2$	0.678*
D: Berseem clover + Lime	$Y=2.689+0.045X-0.000169X^2$	0.881**

單獨綠肥區再如何增加氮肥用量也無法使高粱子實產量達到綠肥配合石灰區或單獨石灰區的效應。由此推斷，綠肥或石灰處理對高粱影響效應，並不單純是氮素肥分的供應，而是掩施綠肥或施用石灰有改善土壤性質之功效，因而促進高粱生長。Reddy等(1986)亦指出黑麥及玉米等作物由前作綠肥所吸收的氮素量相當低，一般在一2~23 kg N/ha，但綠肥對後作產量及乾物重則有增產的效應[7]。但無論如何，綠肥配合石灰處理區只須再施用化學氮素130kg N/ha，就可使高粱子實產量到達最大值。單獨石灰區或單獨綠肥區的化學氮素最大臨界用量則分別爲140及170kg N/ha。

在掩施綠肥對土壤肥力之影響，許多研究認爲能增加土壤有機質含量[1,2,4]，對土壤pH值之影響則略有爭議，有人認爲會降低土壤pH[1,4]，有些認爲會緩和土壤pH值下降趨勢[2]。對土壤鹽基離子鈣及鎂或有效性磷及鉀之影響則不明顯[1,2]。由本試驗後土壤有機質變化而言，綠肥對土壤有機質含量增加之功效是肯定的，而且施用石灰處理區之土壤有機質含最會略低於對照區，可能是土壤加入石灰後，會增加土壤有機質分解，但在綠肥配合石灰施用處理區之土壤有機質則比對照區有增加之趨勢(圖一)。因此，在施用石灰改良土壤性質時，配合掩施綠肥作物，能緩和土壤有機質的分解，甚至有增加土壤有機質的功效。由圖二土壤pH值變化可知，整個高粱生育期間土壤pH值有一致下降的趨勢，而有掩施綠肥處理區的土壤pH值均較無綠肥區的下降情形爲緩和。如圖五所示，在施用石灰情形下，並有掩施綠肥區的高粱收穫後土壤pH值爲6.1 (神岡試區)，高於無綠肥區的5.9。在未施石灰情形下，有掩施綠肥區方土壤pH值爲5.4 (神岡試區)，比無綠肥區的土壤pH值5.2爲高。在南投試區亦有相同之結果，因此，在酸性土壤施用石灰改良土壤性質，如配合播種及掩施綠肥，則能維持較佳的土壤地力。



圖五、試驗後土壤之 pH 值
Fig. 5. The soil pH after the harvest.
A: Check B: Berseem clover
C: Lime D: Berseem clover

參考文獻

1. 黃山內 1979 綠肥掩青氮素肥料率與水稻產量之影響研究 I.酸性水田狀況下之影響試驗 農林廳土壤肥料試驗報告 p. 49-54。
2. 魏之清 1979 堆肥與綠肥對甘蔗生育之效果 台灣糖業彙報 83:35-50。
3. 謝洞明、王錦堂、黃山內 1981 掩施埃及三葉草稻田氮肥調節 農林廳土壤肥料試驗報告 p. 120-124。
4. Hargrove, W. L. 1986. Winter legumnes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. Agron. J. 78:70-74.
5. Morris, R. A., R. E. Furoc, and M. A. Dizon. 1986. Rice responses to a short-duration green manure. I. Grain yield. Agron. J. 78:409-412.
6. Morris, R. A., R. E. Furoc, and M. A. Dizon. 1986. Rice responses to a shortt-duration green mnanure. II. N recovery and utilization. Agron. J. 78:413-416.
7. Reddy, K. C., A. R. Soffes, and G. M. Prine. 1986. Tropical legumIes for green manure. I. Nitrogen production and the effects on succeeding crop yields. Agron. J. 78:1-4.

Effects of Green Manure on the Growth of Spring Sorghum[1]

Y. F. Tsai, S. C. Huang and W. L. Lay[2]

ABSTRACT

The field experiments of various treatments of green manures, milk vetch (*Astragalussinicus* L.), Berseem clover (*Trifoliumalexandrinum*), rape (*Brassica campestris* L.), and the treatment of Berseem clover with lime were conducted to study the effects of green manures on the growth and grain yield of spring sorghum (Taichung 5) and soil fertility. The result were summarized as following: In both acid and alkaline soils, the average fresh weight of incorporated Berseem clover was 16.8 t/ha, which was higher than that of milk vetch and rape. The grain yield of sorghum in the treatment of incorporated Berseem clover was the highest, and the mean increased rate was 16.4% in two years' results. In the treatment of Berseem clover with lime (applying lime two weeks before planting Berseem clover) in acid soil, the average fresh weight of Berseem clover was 22.5 t/ha, which was 43.3% higher than that of check. This treatment also had the highest grain yield of sorghum, and its mean increased rate was 24.2%. By multiple regression analysis, the relation between the grain yield of sorghum and the fresh weight of Berseem clover was statistically significant. The application of green manure could increase the soil organic matter slightly and could alleviate the soil pH decreasing rate.

---

[1] Contribution No. 0185 from Taichung DAIS.

[2] Assistant, Assistant Agronomist and Field Technician of Taichung DAIS.