

# 綠肥對作物生長與土壤肥力之影響

蔡宜峰 賴文龍

台中區農業改良場

## 一、緣起

綠肥作物是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。綠肥作物常用荳科作物，且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。

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。魏氏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。而有研究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重，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。所以本文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.*)及十字花科的油菜(*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田間的功效，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酸性土壤上能發揮最大功效，而能減少施用化學肥料，以供日後推廣利用綠肥作物之參考。

## 二、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(大村本場試驗)，都以埃及三葉草的青掩鮮重最高，平均可達 16.8 t/ha(表一)。其次為紫雲英，平均 11.9 t/ha，再次為油菜 8.5 t/ha。如以綠肥生草含氮率，埃及三葉草 0.38%，紫雲英 0.4%及油菜 0.36%，換算為掩施入土壤的氮素量，則埃及三葉草的平均掩施氮素量約為 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 3 t/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 22.5 t/ha，優於未施石灰而單獨播種埃及三葉草處理的 15.7 t/ha，平均增加率約 43.3%。

表一、綠肥作物盛花期青掩鮮重(t/ha)

處	理	外埔	大村	平均	指數(%)	
紫	雲	英	10.8	12.9	11.9	138.4
埃	及	三	15.7	17.9	16.8	195.3
油		菜	8.1	9.0	8.5	100.0
處	理	南投	神岡	平均	指數(%)	
埃	及	三	14.5	16.8	15.7	100.0
埃	及	三	19.5	25.5	22.5	143.3

## 三、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(表二)。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%(大村試驗)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%(表一)。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)，其次為單獨石灰處理區，再次為單獨綠肥處理區。無論在南投或神岡試區都有相同之趨勢(表三)。至於不同氮肥用量副區處理，高粱子實產量依次為 N3 (150kg N/ha) > N2 (100kg N/ha) > N1 (50kg N/ha)，但 N3 與 N2 處理間差異不顯著。

表二、春作高粱產量及農藝特性調查

地點	處理 <sup>1</sup>	株高 (cm)	穗重 (g)	千粒重 (g)	子實產量 (t/ha)	指數 (%)
大村	A	148 <sup>b</sup>	45.4 <sup>b</sup>	28.9 <sup>a</sup>	4.68 <sup>b</sup>	100.0
	B	152 <sup>ab</sup>	44.5 <sup>b</sup>	27.1 <sup>a</sup>	4.89 <sup>ab</sup>	104.5
	C	157 <sup>a</sup>	52.0 <sup>a</sup>	30.8 <sup>a</sup>	5.67 <sup>a</sup>	121.2
	D	150 <sup>b</sup>	43.4 <sup>b</sup>	28.3 <sup>a</sup>	4.49 <sup>b</sup>	95.9
	N1	147 <sup>b</sup>	39.6 <sup>c</sup>	24.5 <sup>b</sup>	4.05 <sup>b</sup>	100.0
	N2	152 <sup>a</sup>	47.2 <sup>b</sup>	29.9 <sup>a</sup>	5.14 <sup>a</sup>	104.6
	N3	155 <sup>a</sup>	51.4 <sup>a</sup>	31.9 <sup>a</sup>	5.62 <sup>a</sup>	138.8
	外埔	A	154 <sup>a</sup>	56.3 <sup>a</sup>	35.7 <sup>a</sup>	5.70 <sup>b</sup>
B		157 <sup>a</sup>	60.4 <sup>a</sup>	34.7 <sup>a</sup>	5.96 <sup>b</sup>	104.6
C		159 <sup>a</sup>	63.0 <sup>a</sup>	41.3 <sup>a</sup>	7.03 <sup>a</sup>	123.3
D		157 <sup>a</sup>	57.9 <sup>a</sup>	35.1 <sup>a</sup>	6.37 <sup>ab</sup>	111.8
N1		151 <sup>c</sup>	54.0 <sup>b</sup>	32.9 <sup>a</sup>	5.57 <sup>a</sup>	100.0
N2		157 <sup>b</sup>	58.8 <sup>ab</sup>	37.9 <sup>a</sup>	6.23 <sup>a</sup>	111.8
N3		161 <sup>a</sup>	64.5 <sup>a</sup>	39.3 <sup>a</sup>	6.62 <sup>a</sup>	118.9

<sup>1</sup> A:對照 B:紫雲英 C:埃及三葉草 D:油菜  
 N1(50kg N/ha) N2(100kg N/ha) N3(150kg N/ha)

表三、春作高粱產量及農藝特性調查

地點	處理 <sup>1</sup>	株高 (cm)	穗重 (g)	千粒重 (g)	產量 (t/ha)	指數 (%)	
南投	A	145 <sup>a</sup>	57.9 <sup>a</sup>	32.9 <sup>a</sup>	4.40 <sup>a</sup>	100.0	
	B	142.0 <sup>b</sup>	55.6 <sup>a</sup>	34.0 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>	104.5	
	C	153.6 <sup>a</sup>	60.1 <sup>a</sup>	33.0 <sup>a</sup>	4.81 <sup>a</sup>	109.3	
	D	149.2 <sup>ab</sup>	64.1 <sup>a</sup>	33.7 <sup>a</sup>	5.02 <sup>a</sup>	114.1	
	N1	144.2 <sup>b</sup>	54.5 <sup>b</sup>	32.4 <sup>b</sup>	4.06 <sup>b</sup>	100.0	
	N2	148.2 <sup>a</sup>	61.6 <sup>a</sup>	33.2 <sup>a</sup>	4.95 <sup>a</sup>	121.9	
	N3	150.1 <sup>a</sup>	62.2 <sup>a</sup>	34.6 <sup>a</sup>	5.11 <sup>a</sup>	126.0	
	神岡	A	138.4 <sup>a</sup>	51.9 <sup>b</sup>	38.1 <sup>a</sup>	3.99 <sup>b</sup>	100.0
		B	139.7 <sup>a</sup>	56.8 <sup>b</sup>	39.1 <sup>a</sup>	4.65 <sup>ab</sup>	116.6
C		141.6 <sup>a</sup>	63.4 <sup>ab</sup>	41.5 <sup>a</sup>	4.99 <sup>ab</sup>	125.0	
D		143.8 <sup>a</sup>	75.2 <sup>a</sup>	40.7 <sup>a</sup>	5.36 <sup>a</sup>	134.3	
N1		139.7 <sup>a</sup>	61.0 <sup>b</sup>	38.7 <sup>a</sup>	4.26 <sup>a</sup>	100.0	
N2		141.9 <sup>a</sup>	63.7 <sup>a</sup>	40.0 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>	116.0	
N3		141.1 <sup>a</sup>	60.8 <sup>b</sup>	40.8 <sup>a</sup>	5.03 <sup>a</sup>	118.1	

<sup>1</sup> A:對照 B:埃及三葉草 C:石灰 D:埃及三葉草+石灰  
N1(50kg N/ha) N2(100kg N/ha) N3(150kg N/ha)

#### 四、綠肥掩施與作物產量之關係

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。所以綠肥作物青掩量的多寡成爲關鍵因

素。當試驗中播種不同綠肥作物所獲得的青掩鮮重不同(表一)，以播種埃及三葉草的青掩鮮重最高，其次依序為紫雲英及油菜，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。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，特以埃及三葉草為例，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。因此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為 20 t/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 0~10 t/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 10 t/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 10 t/ha 以上時，高粱子實產量指數呈現較顯著的增加。

## 五、土壤特性之調查

在綠肥後作採收期之土壤特性調查上，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，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，其次為紫雲英處理區，再次為油菜處理區，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。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

比無綠肥區者較為緩和。

## 六、綠肥對土壤肥力改進之影響

許多報告都曾肯定綠肥作物為土壤中氮素之極重要的來源之一。如在水田中掩施 15 t/ha 的紫雲英能節省化學氮素約 50 ~ 70kg N/ha，施 15 t/ha 的埃及三葉草則能減少約 40kg N/ha 的化學氮素用量。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 ~ 2.0 Mg/ha。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(表三)。由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迴歸曲線顯示，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為綠肥配合石灰處理區約 5.7 t/ha，單獨石灰區約 5.5 t/ha，單獨綠肥區約 4.9 t/ha 及對照區約 4.5 t/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 2 ~ 23kg N/ha，但綠肥對後作產量及乾物重則有增產的效應。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為 140 及 170kg N/ha。

在掩施綠肥對土壤肥力之影響，許多研究認為能增加土壤有機質含量，對土壤 pH 值之影響則略有爭議，有人認為會降低土壤 pH，有些認為會緩和土壤 pH 值下降趨勢。對土壤鹽基離子鈣及鎂或有效性磷及鉀之

影響則不明顯。由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量會略低於對照區，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。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 值均較無綠肥區之下降情形為緩和。在施用石灰情形下，並有掩施綠肥區的高粱收穫後土壤 pH 值為 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 值為 5.4(神岡試區)，比無綠肥區的土壤 pH 值 5.2 為高。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。

## 七、結語

由綠肥對春作高粱生育及子實產量之試驗結果顯示，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 16.8 t/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 14.6%。在酸性土壤播種埃及三葉草之前二週施用石灰 3 t/ha，可使埃及三葉草的青掩鮮重增加 43.3%，平均達到 22.5 t/ha。而高粱子實產量亦以埃及三葉草配合石灰處理區最高，平均增產率約 24.2%，其次依序為單獨石灰區，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。