

华中地区主要綠肥在提高土壤 肥力上的作用*

謝建昌 肖克謙 于天仁

(中国科学院土壤研究所)

一、引 言

綠肥是我国极重要的肥料来源,它的栽培在我国已有悠久的历史。綠肥的种类很多,各个地区由于气候、土壤等条件的不同,各有其适合于当地的种类。在长江以南各省,以紫云英、苕子和蘿卜菜所占的比重最大,而其中又以紫云英最为普遍。从全国范围来看,凡是綠肥面积大的地区,也就是稻、麦产量高而稳定的地区,可見綠肥在調节养分平衡、提高土壤肥力上起了很大的作用。

为了闡明綠肥在提高土壤肥力上的作用,我們于 1959 年春在江西等地开展了綠肥的調查研究工作。現將主要結果做个整理。

二、紫云英与苕子的干物質形成速度

紫云英与苕子进入冬季低温阶段以后,地上部分的生长基本停止,根部在越冬期間仍繼續扩展,待早春以后,溫度升高,地上部分即迅速增长,一般以初花期前后或盛花期增长最快,表 1 所示各个时期鮮草产量的对比情况,充分說明了这点。同样,地上部分单株干重也增加了。但单株干重增加的倍数,常較每亩中鮮重增加的倍数为高,这可能是在綠色

表 1 紫云英和苕子的干物質增長速度

編 号	地 点	日 期 (日/月)	鮮 重 (斤/亩)	地上部 分干重 (克/株)	地下部 分干重 (克/株)	地上部分 地下部分	1 平方尺中, 地下部分干重 (克)			
							0—10 (厘米)	10—15 (厘米)	15—20 (厘米)	20—25 (厘米)
資花—1A	江西資溪	31/1	1600	0.197						
B		4/3	1900	0.296						
C		18/3(初花期)	2900	0.41						
D		5/4(盛花期)	4000	0.71						
資花—3A	江西資溪	4/2	1980	0.228	0.070	3.25	4.84	0.96	0.28	
B		4/3(初花期)	2600	—						
C		17/3(盛花期)	3900	0.573						
D		5/4	4700	0.972	0.168	5.79	6.02			

* 参加工作的还有蔣柏藩、张效年、曹正邦、刘志光、周起焜等人。

續 表 1

編 号	地 点	日 期 (日/月)	鮮 重 (斤/亩)	地上部 分干重 (克/株)	地下部 分干重 (克/株)	地上部分 地下部分	1 平方尺中, 地下部分干重 (克)			
							0—10 (厘米)	10—15 (厘米)	15—20 (厘米)	20—25 (厘米)
資花—7 A	江西資溪	10/2	2500	0.390						
B		4/3	3400	0.407						
D		5/4(盛花期)	4900	0.620	0.095	6.53	5.34	1.45	0.73	
資花—9 A	江西資溪	10/2	1270	0.107						
B		4/3	1700	0.314						
C		21/3	1850	0.560						
东花—1 A	江西資溪	21/2	780	0.111						
B		10/3	3600	0.409						
C		21/3	4000	0.563						
D		6/4(結莢始期)	4700	0.940						
东花—3 A	江西資溪	21/2	1230	0.323						
B		10/3	3200	0.650						
C		21/3	3500	0.714						
D		6/4(結莢始期)	3700	0.880						
东花—4 A	江西資溪	23/2	460	0.079	0.044	1.80	2.07	0.35	0.15	
B		10/3	1400	0.197						
C		21/3	1950	0.342						
D		6/4(結莢始期)	—	0.421	0.098	4.30	3.18	0.31	0.23	
东花—5 D	江西資溪	6/4	3000	0.410	0.084	4.88	5.41	0.47	0.25	
高花—6 D	江西資溪	7/4(盛花期)	4200	0.428	0.070	6.11	6.66	0.17	0.08	
进花—1 A	江西进賢	7/2	1150	0.164						
B	江西进賢	4/3	1800	0.210						
D	江西进賢	1/4(盛花期)	3600	0.420	0.059	7.11	4.70	0.24	0.31	0.16
2D	江西进賢	1/4(盛花期)	1400	0.194	0.041	4.23	2.52	0.25	0.07	0.09
3D	江西进賢	1/4(盛花期)	3100	0.563	0.126	4.47	6.39	0.23	0.16	0.21
九花—1 D	江西九江	5/4	3930	0.473	0.090	5.23	6.59	0.57	0.27	0.06
乐花—1 A	江西乐平	13/2	1520	0.134	0.061	2.20	6.73	0.11	15—25 0.08	
B		2/3	3370	0.432	0.103	4.19	7.58	0.27	0.11	0.06
C		15/3	4100	0.911						
D		26/3	4700	1.206	0.201	6.00	7.35	0.36	0.12	0.04
2D		26/3	1110	0.400	0.106	3.77	2.53	0.36	0.08	
3C		20/3	3870	1.173	0.268	4.38	7.33	0.56	0.52	0.44
6A		12/2	3360	0.460	0.060	7.63	3.80	0.30	0.20	0.10
B		1/3	5140	0.734	0.087	8.43	4.50		0.60	0.10
C		15/3	5980	1.031						
D		27/3	7340		0.219		4.53	0.20	0.08	0.02
临花—4 C	江西临川	22/3					7.86	1.35	0.33	0.28
九苕—1 D	江西九江	5/4	3150	2.11						
3D	江西九江	5/4	3100	1.61						
4D	江西九江	5/4	2480	1.06						

注: 在編号中, 花代表紫云英, 苕代表苕子, 卜代表蘿卜菜。下同。

体迅速增长的过程中出現一部分死苗,因此单位面积上的株数在后期有所减少。我們在四个时期中对于1平方尺中单株数的測定,也証实了这一情况。

了解根的分佈与重量情况,并进而估計出地上与地下部分的比例,这对于正确地估計地下部分的作用是有意义的。从表1可以看出,根主要是分佈在0—10厘米,在5,000斤鮮草产量的情况下,1平方尺中大約有6克左右的干根。10厘米以下的根量与土壤的物理性質有关,凡土壤粘重板結,有密实的犁底层的,一般根量較少,如表1所列的“乐花”及“进花”均属于这一类型,这些土壤10—15厘米土层中1平方尺的干根重还不到0.3克。凡这一层的根量超过0.5克的,大多是質地較輕,属中壤級(如“九花”,“临花”)或者是沒有密实的犁底层(如“資花”)。

綠肥的地上与地下部分的比例,随着地上部分的增长而增高,在5,000斤鮮重的情况下,干物質的比例大約是6.5:1;在鮮草量低于5,000斤时,比例数值就会变小。根据地上与地下的干物質比例,可以換算出地上与地下的鮮重比約为11:1(按地上部分鮮草含水量87%,地下部分含水量77%計算)。因此,如果地上部分鮮重是5,000斤,則地下部分鮮重为460斤左右。根据这种情况来看,目前通常对于綠肥地下部分产量所作的估計似乎有些偏高。这也同时說明,綠肥根部与一般作物比較起来,具有較強的生命活动能力。

三、几种主要綠肥的成分及其对养分的吸收速度

我們对紫云英、苕子、蘿卜菜与油菜等几种綠肥,特别是紫云英与蘿卜菜,进行了大量的成分分析,結果分別列于表2和表3。从表2可以看出,紫云英自早春盛发至盛花期,含氮百分率显著減低,一般減低了1—1.5%。盛花期含氮量一般在2.7%左右,根的含氮量較地上部分略低。在同一地区同一类型土壤上,地上部分的含氮量大致相近。在地区不同土壤类型不同时,含氮量有些差异,但含氮量并不与土壤的肥沃程度有明显的相关性,这可能与紫云英的生物特性有关。因为它可以固定空气中的游离氮素,所以土壤的氮肥水平在植物体内含氮量方面所表現出的差别,較非豆科植物为小。

地上部分的含磷百分率也随着綠色体的增长而減低,但不象氮那样剧烈,盛花期含 P_2O_5 量在0.40—1.0%,一般是0.65%左右。看来植物体内的含磷量与土壤中的含磷量有較为密切的关系,如“进花”、“九花”、“乐花”等,均系紅壤性水稻土,磷較为缺乏,地上部分含磷量也較低,一般不超过0.4%。地上与地下部分含磷量的关系是:凡是地上部分含磷量較多的,地下部分含磷量也較多,超过了地上部分或大体与地上部分相近(如資花—1,資花—3,乐花—1,临花—1)。与此相反,当地上部分含磷量較低时,則地下部分的含磷量一般較地上部分为低。这种与氮相反的情况的出現,可能是由于磷的供应完全仰給于土壤,当土壤中磷量較为缺乏时,根部所吸收的磷迅速地轉运到了地上部分,因此,根部的含量就相对較低。一般认为,磷肥对紫云英有增产效果,也似乎与此有关。

K_2O 的百分率也随生长期而有明显的降低,其含量大体与氮相近,其中互有高低。盛花期含 K_2O 量大約在2.5%左右。其他农业机关所发表的数字比这要低一些。看来含鉀較多的花崗岩及变質岩所发育的水稻土,地上部分的含鉀量也較丰富。地下部分所含的鉀量要較地上部分为低。

表 2 几种主要綠肥的成分

編 号	土 壤 类 型	日 期 (日/月)	地 上 部 分 成 分 (%)					地 下 部 分 成 分 (%)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
資花—1A	花崗岩风化物冲积性 水稻土	31/1	4.36	0.95	3.72			3.47	1.56	3.03	0.58	0.56
B		4/3	4.34	0.93	3.09							
C		18/3	3.40	0.84	2.48							
D		5/4	3.30	0.93	—			3.18	0.82	2.10	0.84	0.51
資花—3A	”	4/2	4.33	0.99	4.37							
B		4/3	4.48	1.12	—							
C		17/3	3.20	0.84	3.33							
D		5/4	2.64	0.74	2.68			3.08	1.47	2.97	0.46	0.49
东花—1A	”	21/2	3.84	1.06	3.40							
B		10/3	3.62	0.98	3.89							
C		21/3	2.94	0.81	2.44							
D		6/4	2.53	0.84	—			2.59	1.20	3.30	0.73	0.53
东花—2D	”	6/4	2.98	0.90	2.47							
高花—3A		”	20/2	3.42	0.67	3.20						
B			8/3	3.35	0.65	3.19						
C			20/3	3.49	0.72	—						
D			2.74	0.61	2.80							
进花—1A	第四紀紅壤性水稻土	7/2	4.83	0.73	2.05				0.46	1.72	0.57	1.41
B		4/3	3.46	0.56	2.91				0.45	1.30	0.62	1.33
C		20/3	4.02	0.52	2.19				0.35	1.08	0.55	1.58
D		1/4	3.65	0.44	2.32	2.06	0.73		0.26	1.23	0.70	1.06
E			3.76	0.39	1.91					1.58	0.80	0.84
F			2.46	0.40	1.85	1.80	0.45	2.19	0.31	1.42	1.13	0.81
进花—2A	”	7/2	4.38	0.57	2.44			2.67	0.39	1.60	0.56	0.93
B		4/3	3.71	0.68	2.35				0.39	1.90	0.47	1.27
C		20/3	2.78	0.65	1.94				0.47	1.69	0.52	0.79
D		1/4	2.70	0.39	—			2.19	0.25	1.47	0.59	1.02
E			2.02	—	1.72				0.21	1.24	0.64	0.95
F			2.20	0.35	1.82			1.33	0.21	1.86	0.88	0.84
临花—1D	河流冲积性水稻土	2/4	2.84	0.83	2.99	1.22	1.07		0.73	1.86	0.95	0.94
临花—4D	河流冲积性水稻土	2/4	2.92	0.71	2.81	1.45	1.03					
九花—1D		5/4	2.65	0.42	1.49	1.60	0.63					
九花—3D		5/4	2.52	0.64	2.13	1.57	0.68					
浙花—2	錢塘江冲积性水稻土		3.67	0.92	3.09	1.41	0.68					
3			3.69	1.04	3.02	1.46	1.04					
4			3.67	1.10	4.37	1.53	0.81					
6			4.13	1.06	4.11	1.14	1.17					
乐花—5A	千枚岩紅壤性水稻土	12/2	3.78	0.74	5.12	1.57	0.75					
B		3/3		0.47	3.54	1.29	0.35					
C		15/3	2.55	0.52	3.66	1.58	0.29					
D		21/3	2.32	0.43	3.02							
乐花—7A		12/2	3.78	0.78	3.62	1.99	0.58			2.93	1.11	0.76
B		1/3	3.58	0.69	3.46	1.68	0.52					
C		15/3	2.31	0.36	2.84	1.27	0.31					
D		27/3	2.18	0.42	2.16			2.09	0.36	1.83	1.06	0.67

續表 2

編 号	土 壤 类 型	日 期 (日/月)	地 上 部 分 成 分 (%)					地 下 部 分 成 分 (%)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
万花—5	千枚岩紅壤性 水稻土		2.20	0.35	1.73	1.54	0.72					
万花—6			2.64	0.68	1.80	1.84	0.81					
九苜—1A		4/2	4.89	1.16	2.54	2.40	0.91	3.02	0.72	2.05	0.66	0.78
九苜 D		5/4	3.47	1.14				3.77	0.64	1.69	0.89	0.94
九苜—3A		4/2	4.23	0.85	2.72	2.26	0.73	0.93				
九苜—D		5/4	3.82	0.60	2.12	1.21	0.55	3.09	0.42	1.81	0.77	0.71
九苜—4D		5/4	3.94	0.82	2.55	1.26	0.38					
浙—1		盛花期	2.80	0.72	2.40							
浙—2		盛花期	2.50	0.67	3.26	1.49						
湘苜—5					3.13	1.48	0.59					
湘苜—					3.09	1.40	0.46					
波花—4C		2/4	3.61	0.86	4.81	1.16	0.98					
高花卜—卜		(終花期)	3.81									
2A		20/2										
B		8/3	2.83									
C		20/3	2.23									
D			1.83	1.01	3.87	1.80						
进卜油—卜		7/2	3.80	0.86	5.04	4.52	1.16					
1A												
C		4/3	1.79	0.35	2.66	2.70	0.35					
D		1/4	1.90	0.29	2.35	1.84	0.20					
波卜—4C		2/4	1.67	1.29	3.27	2.64	0.55					
6C		7/4	2.74	1.44	4.11	2.58	0.81					
万花卜—卜 ³			1.65	0.26	2.20							
万卜—4			1.51	0.73	3.23	2.09	0.52					
进卜油—油												
1A		7/2		0.92	3.54	3.21	0.55					
B		4/3	3.45									
C		1/4	1.82	0.34	2.26	2.28						
D				0.25	1.82	1.94	0.48					
进卜油—油		7/2	4.13	0.69	3.28	4.49	0.89					
2A												
B		4/3		0.48	2.98	2.39	0.87					
C		1/4	2.05	0.30	2.02	1.92	0.27					
D			1.67	0.23	1.57							

地上部分的含 CaO 量大致在 1.6% 左右,含 MgO 量不很規律,但較 CaO 量为少;在根部有时也有相反的情况。

苕子的含氮量較紫云英为高,一般在 3.3% 左右,含 P₂O₅ 0.7%,含 K₂O 2.5%,Ca 与 Mg 含量大致与紫云英相近。

蘿卜菜地上部分的各种成分都随綠色体的增加而显著減低,在盛花期时,含氮 1.7% 左右,含 P₂O₅ 量沒有規律,K₂O 的含量甚高,一般是等于 N 与 P₂O₅ 二者的总和。CaO 的含量甚高,一般在 2.0% 左右。有人認为蘿卜菜对磷灰石的利用能力較強,或者也与它需要吸收多量的鈣因而將磷释放有关。

油菜的成分大致与蘿卜菜相近。

可以根据表 3 的結果,將紫云英与蘿卜菜不同部位的成分含量排列成如下的次序:

	紫 云 英	蘿 卜 菜
N	叶, 花 > 根 > 茎	花 > 叶 > 茎 > 根
P ₂ O ₅	花 > 叶 > 根 > 茎	叶, 花 > 根 > 茎
K ₂ O	茎 > 叶 > 花 > 根	花 > 叶 > 根 > 茎
CaO	叶 > 花 > 茎 > 根	叶 > 花 > 茎 > 根
MgO	叶 > 茎 > 根 > 花	叶 > 花 > 根, 茎

这两种綠肥叶子的氮、磷含量远較茎等部位为高,因此在农业实践上应采取旨在加速

表 3 紫云英、蘿卜菜不同部位的成分

編 号	日 期 (日/月)	部 位	N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O(%)	CaO(%)	MgO(%)
波花—1C	27/3(結荚始期)	根	2.93	0.74	3.38	0.72	0.52
		茎	2.24	0.56	6.45	0.99	0.49
		叶	4.04	0.80	6.12	2.02	1.08
波花—4C	2/4(結荚始期)	根	3.39	0.73	2.82	0.60	0.48
		茎	2.18	0.56	4.30	0.92	0.68
		叶	5.50	0.99	3.73	1.86	0.93
波花卜—卜2	25/3	花	4.29	1.42	3.29	1.01	0.40
		根	1.14	1.16	3.69	1.25	0.58
		茎	1.36	0.82	3.00	1.52	0.64
波卜—5	2/4	叶	2.71	1.76	5.13	7.66	1.85
		花	3.82	2.39	5.48	1.59	1.02
		根	0.63	1.54		0.87	0.87
		茎	0.83	0.65	2.93	1.34	0.64
		叶	2.64	1.92	3.44	8.03	1.77
		花	3.50	1.81	4.50	1.49	1.04

叶的增长,增加叶/茎的比重的措施。

表 4 列举了几种主要綠肥的地上部分的阳离子含量。可以看出,紫云英的含鈣量恆較鎂为多,也較鉀为多。自早春至盛花期,阳离子总量有所減低,早春为每 100 克干物质中 140 毫当量左右,盛花期阶段維持在 110 毫当量。苕子的分析材料不多,看来也大体与紫云英相近。蘿卜菜的各种阳离子含量,都比紫云英为高。各地的經驗証明,蘿卜菜較能耐瘠,这充分表明了它的吸收能力甚強。油菜的阳离子含量較蘿卜菜略低。

表 5 中綠肥各部位的阳离子含量数值表明,紫云英叶部的阳离子总量較高,其中 CaO 量比其他部位多了 1 倍。蘿卜菜各部位的差別表现得更大,叶中的总量比其他部位多了 3 倍以上,其中主要是决定于鈣,其次是鎂;叶子的含 CaO 量为其他部位的 5 倍以上,鎂为 1—3 倍;各部位的鉀量差別不大。

这种阳离子含量的結果表明,各种植物在一定的条件范围内,其体内的阳离子总量大体为一常数,但在不同的生长时期中,总量有一定的差別;在生长初期时的数量,較生长后期者为高。

前面已經談到,紫云英的氮、磷、鉀相对含量,是随着綠色体的增长而減低,但絕對量

表 4 几种主要綠肥各生長發育时期的阳离子含量

編 号	日 期 (日/月)	阳离子含量(毫当量/100 克干物质)			
		Ca	Mg	K	总 量
进花-1D	1/4(盛花期)	73.6	36.7	24.7	135.0
临花-1A	11/2	66.4	48.3	31	145.7
B	8/3	52.9	55.3	42	150.2
D	2/4	43.6	53.8	29	126.4
九花-1D	5/5(盛花期)	57.1	31.7	15.8	104.6
3D	5/4(盛花期)	56.1	34.1	22.6	112.8
乐花-1B	2/3	58.2	24.1	34.6	116.9
D	26/3	32.2	35.7	32.5	100.4
乐花-3A	26/1	67.1	41.6	38.0	146.7
B	23/2	69.3	38.2	21.5	129.0
C		53.6	49.3	21.1	124.0
5A	12/2	56.8	37.7	54.5	149.0
B	3/3	46.1	17.6	37.6	101.3
C	15/3	56.4	14.6	38.9	109.9
6D	27/3	50.4	24.6	34.6	109.6
九苕-3A	4/2	78.6	36.7	28.9	144.2
D	5/4	43.2	27.7	22.5	93.4
4D	5/4	42.9	19.1	27.1	89.1
进卜油-油1A	7/2	119.6	27.7	37.7	185.0
D	1/4	70.3	24.1	19.3	113.7
油2A	7/2	160.3	44.7	34.9	239.0
B	4/3	85.3	43.8	31.7	160.8
C	20/3	78.6	13.6	21.5	113.7
进卜油-卜1A	7/2	111.4	58.1	53.6	223.1
C	20/3	96.4	17.6	27.7	141.7
波花卜-卜2A	30/1	203.5	53.3	53.2	310
B	25/2	39.3	40.1	51.3	130.7
C	25/3	64.6	38.7	54.3	157.6
波花卜-卜7	2/4	90.0	55.3	32.2	177.5
波卜——5	2/4	58.9	42.3	35.6	136.8
6	2/4	92.1	40.7	43.7	176.5
万卜——4		74.6	26.1	33.6	134.3

却是增加的。表 6 示有不同时期单株的营养含量,自盛花期前 40—60 日至盛花期为止, N 的绝对量增加了 2—5 倍, P_2O_5 与 K_2O 也有不同倍数的增加。在图 1 至图 3 中所示的紫云英对氮、磷、鉀的吸收情况表明,在前一个半月左右,由于生長較慢,因此吸收的氮、磷、鉀量很少,以后随着气温的升高,綠色体迅速增加,营养的吸收也增加,但对磷的吸收則是較为微少的。

表 5 紫云英和萝卜菜各部位的阳离子含量

编 号	日 期 (日/月)	阳离子含量(毫当量/100 克干物质)			
		Ca	Mg	K	总 量
C 波花—1 根	2/4(終花期)	25.7	26.1	36.0	87.8
		35.4	24.6	68.6	128.6
		72.1	54.3	65.1	191.5
C 波花—4 根	4/4(終花期)	21.4	24.1	30.0	75.5
		32.9	34.3	45.7	112.9
		66.4	46.8	37.1	150.3
C 波花—1,2 根	2/4	44.7	29.2	39.3	113.2
		54.3	32.1	31.9	118.3
		273.5	93.0	54.6	421.1
C 波卜—5 根	2/4	56.8	51.3	58.3	166.4
		31.1	43.8	48.9	123.8
		47.9	32.2	31.2	111.3
C 波卜—5 叶	2/4	286.6	88.9	36.6	412.1
		53.2	52.3	47.9	153.4

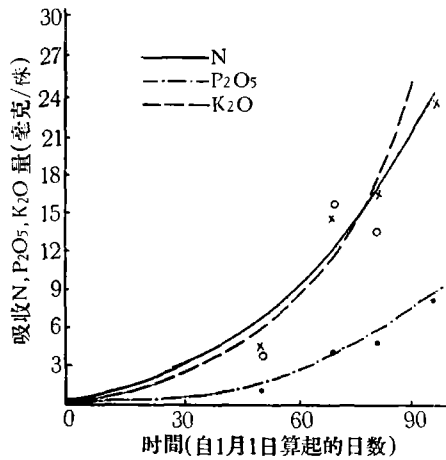


图 1 紫云英(高产)对养分的吸收速度(酸性山区水稻土)

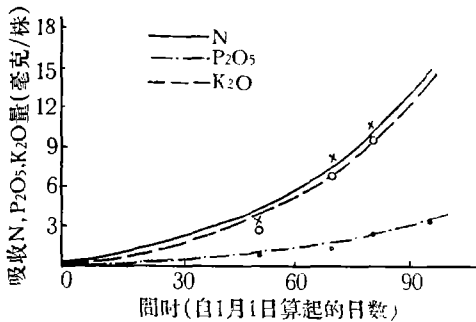


图 2 紫云英(低产)对养分的吸收速度(酸性山区水稻土)

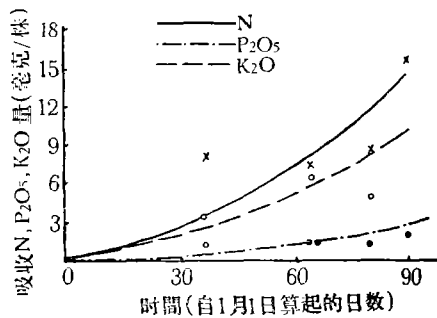


图 3 紫云英对养分的吸收速度(紅壤性水稻土)

表 6 紫云英不同时期养分的含量

編 号	日期 (日/月)	N (毫克/株)	P ₂ O ₅ (毫克/株)	K ₂ O (毫克/株)
資花—1A	31/1	8.6	1.9	7.3
B	4/3	12.8	2.8	9.1
C	18/3	13.9	3.4	10.2
D	5/4	23.4	6.6	
东花—1A	21/2	4.3	1.2	3.8
B	10/3	14.8	4.0	15.9
C	21/3	16.5	4.6	13.7
D	6/4	23.8	7.6	30.7
4A	23/2	3.5	0.75	2.7
B	10/3	8.0	1.3	6.4
C	21/3	9.0	1.9	9.3
D	6/4	13.5	3.0	13.6
进花—1A	7/2	7.7	1.2	3.4
B	4/3	7.3	1.2	6.1
C	20/3	8.4	1.1	4.6
D	1/4	15.3	1.8	9.7

四、綠肥对难溶性物質的利用

为了进一步了解这几种綠肥对一些难溶性物质,如磷灰石、蛇紋石及鉀长石等的利用能力,并进而闡明各种綠肥在提高土壤肥力中的作用,我們曾在温室进行了砂培試驗,試驗植物为蘿卜菜、紫云英和苕子,以小麦为对照。試驗处理为:(1)完全营养液中缺鎂与不缺鎂(加蛇紋石),(2)完全营养液中缺磷与不缺磷(加磷灰石),(3)完全营养液中缺鉀与不缺鉀(加鉀长石)。鉀长石是采自广东,蛇紋石采自江西弋阳,磷灰石是云南所产。植物生长一月后收割,分別測定茎叶与根部的干重,以及根的阳离子交換量、根的吸收面积与根的呼吸強度,其結果分別列于表 7 和表 8。

表 7 不同植物对难溶性物質的利用

植物	加鎂(蛇紋石)				不加鎂				加磷(磷灰石)				不加磷				加鉀(鉀长石)				不加鉀			
	叶	根	总重	%	叶	根	总重	%	叶	根	总重	%	叶	根	总重	%	叶	根	总重	%	叶	根	总重	%
蘿卜菜	10.0	2.3	12.3	154	6.2	1.8	8.0	100	7.6	1.7	9.3	300	2.0	1.1	3.1	100	1.3	0.2	1.5	115	1.1	0.2	1.3	100
紫云英	4.1	2.8	6.9	130	3.7	1.6	5.3	100	2.1	1.2	3.3	412	0.5	0.3	0.8	100	1.2	0.6	1.8	140	0.9	0.4	1.3	100
苕子	7.6	6.2	13.8	153	5.8	3.2	9.0	100	8.4	4.6	13.0	283	2.8	1.8	4.6	100	2.4	1.4	3.8	115	2.1	1.2	3.3	100
小麦	7.3	4.7	12.0	121	5.6	4.3	9.9	100	7.7	4.3	12.0	203	3.5	2.4	5.9	100	1.9	0.8	2.7	112	1.6	0.8	2.4	100

表 8 不同植物根部的几种性質

植 物	阳离子交換量 (毫当量/100 克干根)	根的吸收面积 (米 ² /1 克干根)	根的吸收強度 (毫克CO ₂ /克干根/小时)
蘿 卜 菜	65.3	0.61	9.53
紫 云 英	47.0	0.41	5.01
苕 子	41.9	0.36	3.91
小 麦	20.5	0.54	1.86

表 7 的結果表明,在缺鎂、磷、鉀的三个处理中,鎂的缺乏对植物生长的影响較小,缺鉀的影响較大,缺磷的影响較鉀略小。在加鎂的处理中,四种植物均显示了对蛇紋石的利用,其中蘿卜菜和苕子的利用能力較高,小麦較低,紫云英介于二者之間。在加磷的处理中,磷灰石的增产效果較为显著,根据其增产百分率的大小,可排列成如下的次序:紫云英 > 蘿卜菜 > 苕子 > 小麦。与以往結果不同的是,在本試驗中,小麦对磷灰石也有相当程度的利用,紫云英的利用能力超过了蘿卜菜。前者的原因可能是本試驗所用的磷灰石是云南所产,其有效性大于以往所用的海州磷灰石。在加鉀长石的处理中生长很差,其中只有紫云英增产了 40%。整个說来,这四种植物对鉀长石的利用能力都是很低的。

根据測定結果,在某程度上反映植物对难溶性物質的利用能力的三个指标(根阳离子交換量,根的吸收面积和根的呼吸強度),对于四种植物,其大小次序基本上与其对磷灰石的利用能力的排列次序相一致。

小麦根的阳离子交換量最低,为 100 克干根中 20 毫当量,蘿卜菜是它的 3 倍,紫云英与苕子为它的 2 倍。蘿卜菜的根是較粗大的,如果根据单位面积来計算,則可預料蘿卜菜根的阳离子交換量还会更大。很有意思的是,阳离子交換量大小的次序与地上部分含 CaO 百分率(蘿卜菜、紫云英与苕子的 CaO 量見前面分析結果,小麦的含 CaO 量在 1% 左右)相一致。有人認為,随着根的阳离子交換量的增大,植物对鈣的結合能也增大,因而增強了对鈣的吸附,并将磷灰石中的磷释放出来。

对于难溶性化合物的摄取,需要根部与含有养分的固体物的較大接触面积,因此根部的吸收面积,应可作为利用难溶性物質的能力的一个指标。表 8 所示根的吸收面积的大小,其中蘿卜菜与二种豆科的排列次序与阳离子交換量的次序相一致。小麦根的吸收面积表現得較大,这可能是由于禾本科作物的須根較多所致。

植物对营养物質的吸收,与根的生命活动有密切的关系。吸收物質时需要能量,而根的呼吸是能量的来源,所以根的呼吸強度,也应该是其利用难溶性物質的能力的一个指标。表 8 中所列的根的呼吸強度的次序,也与对磷灰石和蛇紋石的利用能力大体一致。因此从各个方面来看,这几种綠肥作物的吸收养分的能力,都較象小麦这样的农作物为強,这或者也是綠肥作物的特殊本性之一。

五、綠肥在調节养分平衡上的作用

由于农作物不断取走氮素,所以如果没有肥料来补充的話,将不可避免地导致土壤中氮含量的降低。含氮肥料的来源主要有两方面,一方面是“工艺氮”,另一方面是“生物氮”,这两种氮源不应是相互代替,而应是相互补充。但在目前“工艺氮”較为缺乏的情况下,“生物氮”在农业中更具有重要的作用。

綠肥是一种成本低、收效大的肥料。种植一亩紫云英只需三、四个人工,而为了运送相当于一亩紫云英肥效的杂肥,則所用的人工要多四、五倍。更重要的是,綠肥所累积的养分是很多的。如果紫云英地上部分鮮重有 5,000 斤,則地上与地下部分共計含氮 21 斤,这相当于硫酸銨 105 斤;假定其中的氮素 1/3 是来自土壤,2/3 是来自大气中。則我們花極低廉的成本,“天然工厂”为我們制造了 14 斤的氮素,这相当于 70 斤硫酸銨。除了氮素以外,地上与地下部分共計还含 P_2O_5 4.5 斤, K_2O 18 斤,这分別相当于过磷酸鈣 22.5

斤, KCl 36 斤。当然其中的磷、鉀不是外来的, 綠肥本身不能增加土壤中的磷与鉀, 而是在不消耗土壤的磷、鉀的情况下, 为了积累氮素与增加有机質, 磷、鉀参与了一次循环; 但这对它自身來說, 是起了一个“集中”的作用, 有利于今后作物对它的利用。

根据粗略的估計, 中稻在亩产 600 斤的水平下, 糞稈和籽实从田里带走的氮量約为 10 斤。就氮对中稻的供应來說, 即使不考虑紫云英从土壤中取得的 7 斤氮素, 单就来自大气中的这一部分來講, 也还有 4 斤剩余。当然, 綠肥的作用还不仅限于增加土壤中的氮素。有机質的增加改善了土壤的物理性質, 并且綠肥的栽培还可以抗衡养分的淋失。在盐碱地上种綠肥可以降低土壤的含盐量。

非豆科綠肥作物如蘿卜菜、油菜等, 虽然不能象豆科綠肥那样固定大气中的氮素, 但由于它具有特有的长处, 如能在貧瘠的土壤上生长、能利用难溶性化合物、綠色体产量高以及收获早不影响早稻插秧等有利条件, 所以在农业实践中, 蘿卜菜等綠肥也有大面积的栽培。目前部分地区采用紫云英与蘿卜菜混播的栽培方式, 将两者的优点結合起来, 看来这是值得注意的一种栽培方式。

自解放以来, 綠肥的面积在不断扩大, 江苏南部及浙江省是习惯栽培綠肥的重要地区, 这些地区的冬季綠肥占了耕地面积的 1/3。在某些地区綠肥的种植面积更大, 如湖南的醴陵县, 綠肥占耕地面积的 70%, 但是目前也有不少地区还没有栽培綠肥的习惯。就綠肥的产量來說, 也很不平衡, 如浙江的宁紹地区, 紫云英鮮草每亩达七千斤左右, 苏南地区一般四、五千斤, 而酸性紅壤丘陵地区的綠肥产量就較低, 一般只有二、三千斤。因此就大的范围來講, 綠肥的播种面积与产量还是极不平衡的。这也說明在这方面还有很大的潛力。

为了农作物产量的不断提高, 有效地保持土壤中的养分平衡, 首先必須在合理安排輪作的基础上扩种綠肥。目前各地尚有不少的冬閑田, 應該利用起来种植綠肥。应在增加粮食产量的前提下, 調节粮食作物与綠肥的矛盾, 把利用地力与培养地力密切地結合起来。目前除了扩种綠肥以外, 还应推广綠肥的丰产經驗, 強調“以肥养肥”以提高綠肥的单位面积产量, 在提高土壤肥力方面, 發揮更大的作用。

六、摘 要

1. 紫云英与苕子的綠色体一般以初花期前后或盛花期增长最快。紫云英的根系主要分布在 0—10 厘米, 在 5,000 斤鮮草产量时, 1 平方尺內約有 6 克左右的干根。地上与地下部分的干物質比为 6.5:1, 鮮重比为 11:1, 目前一般对地下部分的产量估計似乎有些偏高。

2. 紫云英等含氮、磷、鉀的百分率均随綠色体的增长而減低, 紫云英在盛花期含 N 2.7%, P_2O_5 0.65%, K_2O 2.5%, CaO 1.6%, 含氮量与土壤的肥沃程度沒有明显的相关性, 含磷量与含鉀量則与土壤中磷鉀含量成正相关。根部所含的养分一般均低于地上部分, 叶子的氮、磷百分率远較茎等部位为高。

苕子盛花期含 N 3.3% 左右, 其他成分大体与紫云英相近。

蘿卜菜在盛花期的含 N 量为 1.7%, K_2O 量較高, 一般是 N 与 P_2O_5 的总和, 含 CaO 量恆多于紫云英, 一般在 2.0% 以上。

油菜的成分大体与萝卜菜相近。

3. 各种绿肥在一定生长时期中地上部分的阳离子总量大体为一常数。紫云英在盛花期的阳离子总量维持在 110 毫当量左右,萝卜菜的含量还更高。

4. 萝卜菜、紫云英、苕子与小麦等四种植物对蛇纹石都能利用,但对钾长石不能利用。磷灰石的施用对增产很显著,根据增产百分率的大小,可排列成如下的次序:紫云英>萝卜菜>苕子>小麦。

在某种程度上反映植物对难溶性物质的利用能力的三个指标(根的阳离子交换量、根的吸收面积与根的呼吸强度),对于四种植物,其大小次序基本上与其对磷灰石的利用能力的排列次序相一致。因此从各方面来看,这几种绿肥的吸收养分的能力,都较象小麦这样的农作物为强。

5. 绿肥是一种成本低收效大的肥料。在紫云英鲜草产量 5,000 斤时,地上与地下部分所含的氮、磷、钾分别相当于硫酸铵 105 斤、过磷酸钙 22.5 斤、氯化钾 36 斤。假定其中的氮素有 2/3 是来自大气,则“天然工厂”制造了 70 斤左右的硫酸铵。中稻亩产 600 斤时所取走的氮素约相当于 50 斤硫酸铵,因此单就来自大气中的这一部分来讲,对中稻的供应也还是有余。

从全国范围来看,凡是绿肥面积大的地区,也就是稻麦产量高而稳定的地区。目前各地绿肥的种植面积与产量都极不平衡,还有很大的潜力。

SIGNIFICANCE OF GREEN MANURES IN IMPROVING SOIL FERTILITY IN CENTRAL CHINA

Hsieh Chian-chang, Hsiao Ke-chian and Yu Tien-jen

(Institute of Soil Science, Academia Sinica)

(ABSTRACT)

Chemical analysis of separate plant organs of green manures at various stages of growth collected from representative districts of Central China showed that the accumulation of green mass and the absorption of nutrients chiefly occurred during the last 30 to 45 days before plowing-under. *Astragalus sinicus*, the principal leguminous green manure in central China, showed some correlation in P and K contents with soil fertility, whereas the nitrogen content remained practically constant regardless the nutritive status of the soil. It was estimated that the nodular bacteria of *Astragalus sinicus* assimilated about 105 kg of nitrogen per hectare at the yield of 37,500 kg of green mass.

Green-house experiments revealed that manure crops possessed a stronger power in assimilating their phosphorus from rock phosphate and magnesium from serpentine as compared with winter wheat. Laboratory experiments with excised root also demonstrated that the root systems of manure crops have a stronger absorption power, greater cation-exchange capacity, larger absorbing surface area and more intensive rate of respiration than that of the wheat. Among the tested manure crops, *Raphanus sativus*, a cruciferous plant widely planted on infertile soils, has been proved the best variety.