

RECICLAGEM E INCORPORAÇÃO DE NUTRIENTES AO SOLO PELO CULTIVO INTERCALAR DE ADUBOS VERDES EM POMAR DE LARANJEIRA-‘PÊRA’¹

JOSÉ ANTONIO ALBERTO DA SILVA², GODOFREDO CESAR VITTI³,
EDUARDO SANCHES STUCHI², OTÁVIO RICARDO SEMPIONATO²

RESUMO – O experimento de campo foi conduzido na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro-SP (EECB), visando a avaliar a produção de matéria verde e seca e quantidade de nutrientes incorporados ao solo pelo cultivo intercalar de *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan*, *Mucuna aterrima*, *Mucuna deeringiana*, *Dolichos labe-labe* e *Canavalia ensiformis*, nos anos agrícolas de 1989/90, 90/91, 91/92 e 92/93, em pomar de laranja-‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck), enxertada sobre tangerineira-‘Cleópatra’ (*Citrus reshi* Hort.), plantada em maio de 1987 e espaçadas de 7x5 m, num Latossolo Vermelho-Escuro. A produtividade média das espécies plantadas sem adubações e cultivos pós-semeadura, nos quatro anos de estudo, foram: 6,55; 1,23; 3,42; 1,78; 1,75; 1,61 e 3,03 t/ha de matéria seca, respectivamente, considerando plantio apenas na área intercalar de citros (50% da área total). A análise química do material seco revelou a incorporação de volume considerável de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn pelas leguminosas, onde podemos considerar que parte do N é proveniente da fixação simbiótica do N₂ atmosférico pelas leguminosas e o restante e demais nutrientes provenientes do importante processo de reciclagem de nutrientes do solo, que são absorvidos pelas leguminosas das camadas subsuperficiais e incorporados na superfície do solo, onde estarão novamente disponíveis às plantas cítricas. A *C. juncea* foi a espécie que se destacou como maior produtora de biomassa e incorporadora de nutrientes, seguida pelo *C. cajan* e *C. ensiformis*.

Termos para indexação: *Citrus sinensis*, leguminosas, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan*, *Mucuna aterrima*, *Mucuna deeringiana*, *Dolichos labe-labe*, *Canavalia ensiformis*

RECYCLING AND INCORPORATION OF NUTRIENTS TO THE SOIL IN ORCHARD OF ‘PERA’ ORANGE BY CULTIVATION WITH COVER CROPS

ABSTRACT - The experiment was carried out at the Experimental Station of Bebedouro-SP (EECB), to evaluate the production of green manure and incorporated nutrients to soil by inter-cropping *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan*, *Mucuna aterrima*, *Mucuna deeringiana*, *Dolichos labe-labe* and *Canavalia ensiformis*, in the agricultural years of 89/90, 90/91, 91/92 and 92/93, in the orchard of ‘Pera’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck), grafted on Cleópatra mandarin (*Citrus reshi* Hort.), planted in May of 1987 and spaced at 7x5 m. The average crop of cultivated species in the four years of study was: 6,55; 1,23; 3,42; 1,78; 1,75; 1,61 and 3,03 t/ha of dry matter, respectively, considering the cultivation only at the middle of the citrus orchard (50% of the total area). The chemical analysis of the material, revealed a considerable incorporation of N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn and Zn by leguminous plants, where we consider a parcel of the N comes from the atmospheric symbiotic fixation in the leguminous plants and the remaining and other nutrients comes from the recycling process of nutrients of soil, that are absorbed by the leguminous plants of the sub-superficial and incorporated in surface of the soil, where they will be again available to citrus plants. *C. juncea* produced the highest amount of biomass and incorporation of nutrients, followed by the *C. cajan* and *C. ensiformis*.

Index term: *Citrus sinensis*, leguminous plant, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan*, *Mucuna aterrima*, *Mucuna deeringiana*, *Dolichos labe-labe*, *Canavalia ensiformis*

INTRODUÇÃO

Adubação verde é a prática de cultivo e incorporação de plantas, produzidas no local ou adicionadas, com a finalidade de preservar e/ou restaurar os teores de matéria orgânica e nutrientes dos solos, indo ao encontro da tendência mundial da busca de alimentos mais saudáveis, provenientes da agricultura orgânica ou produzidos com a mínima utilização de insumos químicos e degradação do meio ambiente (Silva et al., 1999).

A principal vantagem do emprego de espécies leguminosas na adubação verde é reduzir a aplicação de nitrogênio via adubo químico, pois essas plantas fixam nitrogênio do ar, através de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, enriquecendo o solo com esse macronutriente.

O sistema radicular ramificado e profundo das leguminosas proporciona aumento na eficiência de utilização dos adubos, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo nutrientes perdidos por lixiviação, principalmente potássio (K),

¹ (Trabalho 062/2000). Recebido: 02/05/2000. Aceito para publicação: 13/12/2001. Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Depto Ciência do Solo, ESALQ/USP.

² Eng. Agr. D.Sc., Pesquisador Científico, Estação Experimental Citricult. de Bebedouro-SP, eecb@coopercitrus.com.br

³ Prof. Titular, Depto. Ciência do Solo, ESALQ/USP, CP 9, 13418-900

cálcio (Ca), magnésio (Mg) e nitrato (NO_3), funcionando também como “agente minerador” dos nutrientes de pouca disponibilidade como o fósforo (P) e o molibdênio (Mo), tornando-os mais disponíveis às culturas subseqüentes. Além disso, as raízes de adubo verde e do mato fazem, por assim dizer, uma subsolagem biológica, criando pequenos canais no solo por onde circulam a água e o ar (Russell et al., 1981).

O material orgânico produzido, geralmente rico em macro e micronutrientes, aumenta a capacidade de troca catiônica do solo, a infiltração e a retenção de água no solo, tornando mais favoráveis as condições para o desenvolvimento microbiano no solo, tendo ainda algumas espécies efeitos alelopáticos sobre nematóides e plantas invasoras (Miyasaka et al., 1984).

Segundo Silva et al. (1999), os adubos verdes comportam-se como uma planta daninha no pomar cítrico, pois podem competir por água, nutrientes, sol e pelo espaço aéreo e do solo. Quando bem usados, entretanto, esses inconvenientes pesam relativamente pouco, sendo compensados pelas vantagens que seu cultivo apresenta. Para os citros, devem ser escolhidas espécies que possuam sementes uniformes e de bom poder germinativo, com exigência relativamente baixa quanto ao preparo e fertilidade do solo, de rápido crescimento, precoce, fácil manejo, sistema radicular profundo, que dispensem tratamentos culturais, apresentem resistência a pragas e doenças e produzam grande quantidade de matéria seca.

As espécies utilizadas como adubo verde para citros dividem-se em plantas de verão, normalmente leguminosas plantadas no início das chuvas e manejadas até o final destas, e as de inverno (leguminosas e gramíneas), plantadas no final das chuvas e manejadas quando em pleno florescimento (Silva et al., 1999).

Tendo em vista o exposto, o presente experimento objetivou avaliar a produção de material vegetal, incorporação de nutrientes ao solo pela fixação de N_2 atmosférico e reciclagem de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do solo, pelo cultivo intercalar de adubos verdes (leguminosas) em pomar de laranja-‘Pêra’.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro - SP (EECB), situada na latitude $20^\circ 53' 16''$ S, longitude $48^\circ 28' 11''$ W e altitude de 601 m, com clima do tipo Cwa e solo classificado como

Latossolo Vermelho-Escuro, epieutrófico, endoálico, A moderado, textura média (Haplustox). A análise química inicial do solo indicou os seguintes valores nas profundidades de 0-20 e 21-40 cm, respectivamente: pH (CaCl_2) 4,6 e 4,0; matéria orgânica (M.O.) em $\text{g/dm}^3 = 30$ e 26; P resina em $\text{mg/dm}^3 = 5$ e 3; em mmol/dm^3 : K = 1,2 e 0,7; Ca = 10,8 e 5,6; Mg = 6,1 e 3,1; H+Al (hidrogênio + alumínio) = 38 e 47; SB (soma de bases) = 18,1 e 9,4; CTC (capacidade de troca de cátions) = 56,1 e 56,4 e V% = 32 e 17. Utilizou-se um pomar de laranja-‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertada sobre tangerineira-‘Cleópatra’ (*Citrus reshi* Hort.), plantada em maio de 1987 e espaçadas de 7,0 x 5,0 m.

O primeiro plantio das leguminosas intercalares à laranja-‘Pêra’ deu-se em novembro de 1989, com replantio das espécies nos anos de 1990, 1991 e 1992, ou seja, durante quatro anos agrícolas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com sete tratamentos ou leguminosas (Tabela 1) e quatro repetições, totalizando 28 parcelas de 20 metros de comprimento cada, com sete linhas de leguminosas espaçadas de 0,5 m e plantadas dos dois lados (entrelinhas) da ‘Pêra’; portanto, o plantio das leguminosas ocupou 50% da área implantada de ‘Pêra’.

Não se utilizou adubação química para as leguminosas, nem mesmo cultivo pós-plantio, sendo as mesmas roçadas aos 113, 148, 107 e 106 dias após o plantio, respectivamente de cada ano, ficando o material sobre a superfície do solo.

Antes do corte das leguminosas (roçagem), efetuaram-se amostragens de todo o material da parte aérea nas parcelas para determinação de peso verde e, posteriormente, peso seco. Estas amostras foram então analisadas quimicamente para a determinação dos teores de macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1989).

Os resultados das análises químicas do solo em duas profundidades, nas linhas de leguminosas e nos citros, a incidência de plantas daninhas e cobertura do solo, bem como a produção dos citros podem ser encontrados em Silva (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro plantio 1989/90, as espécies plantadas produziram após os 113 dias da sementeira, uma quantidade menor em peso de material verde e seco, quando se compara com os demais plantios (Tabela 2), sugerindo que o solo, neste ano, se

TABELA 1 - Espécies de leguminosas e densidade de sementes utilizadas na sementeira, EECB, Bebedouro-SP, 1989

Espécies	Nome Comum	Sementes (kg/ha)	Densidade (sementes/m l)
<i>Crotalaria juncea</i> L.	crotalária juncea	30	25
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	crotalária spectabilis	15	38
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp	guandu	50	17
<i>Mucuna aterrima</i>	mucuna-preta	85	5
<i>Mucuna deeringiana</i>	mucuna-anã	105	10
<i>Dolichos labe-labe</i> L.	labe-labe	60	13
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	feijão-de-porco	100	5

TABELA 2 - Matéria verde e seca da parte aérea das leguminosas, anos agrícolas 1989/90 a 92/93, EECB, Bebedouro-SP

	ANO	TRATAMENTOS (Leguminosas)						
		<i>C. juncea</i>	<i>spectabilis</i>	Guandu	M.-Preta	M.-Anã	Labe-labe	F.-de-Porco
Matéria Verde (t/ha)	89/90	22,25ab C	7,07 c B	10,24bc C	14,16abcA	15,73abcB	15,26abcA	27,03 a B
	90/91	59,11 a A	9,35 de AB	42,05 b A	21,75cd A	3,93 e C	16,26cdeA	25,10 c B
	91/92	42,96 a B	15,50 b AB	28,10 b B	20,50 b A	23,14b AB	20,91 b A	24,01 b B
	92/93	41,25 a B	19,25 bc A	35,50a AB	17,75 c A	31,75abA	20,25 bc A	44,75 a A
	Médias	41,39	12,79	28,97	18,54	18,64	18,17	30,24
	Teste F:	Tratamento (T) = 22,29 **		Ano (A) = 32,14 **		Interação (T x A) = 10,06**		
	C.V.(%)	Tratamento (T) = 34,69		Ano (A) = 22,83				
Matéria Seca (t/ha)	89/90	7,20 a C	1,33 c A	2,98 bc C	2,47 c B	3,29 bc AB	3,37 bc A	6,07 ab AB
	90/91	20,22 a A	2,79 cd A	10,82 b A	4,99 cd A	1,65 d B	3,12 cd A	5,71 c AB
	91/92	13,00 a B	2,39 c A	5,81 b B	3,45bc AB	3,62bc AB	2,86 bc A	4,89 bc B
	92/93	11,98 a B	3,33 c A	7,75 b B	3,35 c AB	5,45 bc A	3,50 c A	7,53 b A
	Médias	13,10	2,46	6,84	3,56	3,50	3,21	6,05
	Teste F:	Tratamento (T) = 46,17 **		Ano (A) = 32,55 **		Interação (T x A) = 12,97**		
	C.V.(%)	Tratamento (T) = 39,35		Ano (A) = 23,19				

- Em cada ano (A), médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e em cada tratamento (T), médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (P > 0,05)

- Valores considerando plantio em 100% da área; para este caso de cultivo intercalar, considerar 50 % dos valores acima.

TABELA 3 - Teores de macronutrientes da parte aérea das leguminosas (matéria seca), anos agrícolas 1989/90 a 92/93, EECB, Bebedouro-SP

MACRO	ANO	TRATAMENTOS (Leguminosas)						
		<i>C. juncea</i>	<i>C. spectabilis</i>	Guandu	M.-Preta	M.-Anã	Labe-labe	F.-de-Porco
N g/kg	89/90	17 c A	18 c A	18 c AB	30 a A	22 bc B	18 c A	28 ab A
	90/91	11 e B	15 de A	17 cde B	21 bcd B	25 ab B	22 abc A	28 a A
	91/92	13 c AB	20 bc A	25 ab B	22 ab B	27 a AB	23 ab A	28 a A
	92/93	14 d AB	20 cd A	21 c AB	25 bc AB	31 a A	22 bc A	28 ab A
	Médias	14	18	21	24	26	21	28
	Teste F	Tratamento (T) = 52,43 **		Ano (A) = 6,38 **		Interação (T x A) = 3,13 **		
	C.V.(%)	Tratamento (T) = 12,19		Ano (A) = 14,45				
P g/kg	89/90	2,2 cd A	2,5 c A	2,2 cd A	3,3 ab A	1,7 d B	3,5 a A	2,7 bc A
	90/91	0,8 c B	1,3 bc C	1,2 c B	2,0 a B	2,0 a AB	2,4 a B	1,9 ab B
	91/92	1,2 c B	1,6 bc BC	2,0 ab A	1,9 ab B	1,7 bc B	2,4 a B	1,9 ab B
	92/93	1,0 b B	2,0 a B	2,2 a A	2,1 a B	2,3 a A	2,2 a B	2,2 a B
	Médias	1,3	1,8	1,9	2,3	1,9	2,6	2,2
	Teste F	Tratamento (T) = 24,73 **		Ano (A) = 65,53 **		Interação (T x A) = 6,29 **		
	C.V.(%)	Tratamento (T) = 16,61		Ano (A) = 13,47				
K g/kg	89/90	22 a A	24 a A	25 a A	28 a A	13 b A	21 ab A	25 a A
	90/91	10 a B	17 a AB	13 a B	16 a B	10 a A	17 a AB	18 a AB
	91/92	12 b B	20 a AB	16 ab B	17 ab B	17 ab A	21 a A	21 a A
	92/93	9 a B	15 a B	11 a B	7 a C	12 a A	11 a B	13 a B
	Médias	13	19	16	17	13	18	19
	Teste F	Tratamento (T) = 6,52 **		Ano (A) = 45,31 **		Interação (T x A) = 2,29 **		
	C.V.(%)	Tratamento (T) = 23,51		Ano (A) = 23,37				
Ca g/kg	89/90	14 c A	15 c A	11 d A	12 cd A	8 e B	17 b A	29 a A
	90/91	6 b B	10 a B	5 b B	10 a AB	8 a B	10 a B	10 a D
	91/92	7 d B	16 a A	9 cd A	11 bc AB	12 b A	15 a A	17 a B
	92/93	6 c B	11 b B	6 c B	9 b B	9 b B	10 b B	14 a C
	Médias	8	13	8	11	9	13	18
	Teste F	Tratamento (T) = 169,98 **		Ano (A) = 153,73 **		Interação (T x A) = 19,87 **		
	C.V.(%)	Tratamento (T) = 9,38		Ano (A) = 11,52				
Mg g/kg	89/90	5 b A	4 b B	4 b B	4 b B	3 c B	9 a A	8 a A
	90/91	3 bc B	3 b BC	2 c C	3 b C	3 bc B	4 a C	4 ab C
	91/92	5 d A	6 abc A	5 d A	6 cd A	6 bcd A	7 ab B	7 a B
	92/93	3 a B	3 a C	3 a C	3 a C	3 a B	3 a D	3 a C
	Médias	4	4	3	4	4	6	5
	Teste F:	Tratamento (T) = 63,11 **		Ano (A) = 266,04 **		Interação (T x A) = 15,86 **		
	C.V.(%)	Tratamento (T) = 11,26		Ano (A) = 11,42				
S g/kg	89/90	1,8 d A	2,0 cd A	1,8 d A	2,3 ab A	2,4 ab B	2,6 a A	2,2 bc A
	90/91	0,8 f C	1,7 d A	1,4 e B	2,2 bc A	2,7 a A	2,4 ab AB	2,0 cd A
	91/92	0,4 d D	0,7 c C	1,1 b B	1,1 b C	1,1 b D	1,4 a C	1,0 b B
	92/93	1,1 f B	1,2 ef B	1,4 de C	1,6 cd B	1,9 bc C	2,2 a D	2,0 ab A
	Médias	1,0	1,4	1,4	1,8	2,0	2,2	1,8
	Teste F:	Tratamento (T) = 118,14 **		Ano (A) = 403,35 **		Interação (T x A) = 12,10 **		
	C.V.(%)	Tratamento (T) = 8,90		Ano (A) = 7,90				

- Em cada ano (A), médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e em cada tratamento (T), médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (P > 0,05).

TABELA 4 - Teores de micronutrientes da parte aérea das leguminosas (matéria seca), anos agrícolas 1989/90 a 92/93, EECB, Bebedouro-SP

MICRO	ANO	TRATAMENTOS (Leguminosas)						
		<i>C. juncea</i>	<i>C. spectabilis</i>	Guandu	M.-Preta	M.-Anã	Labe-labe	F.-de-Porco
B mg/kg	89/90	17 b B	22 ab B	16 b B	21 ab BC	26 a B	26 a B	26 a B
	90/91	13 c B	27 a B	16 bc B	25 a B	21 ab B	25 a B	25 a B
	91/92	19 bc AB	35 a A	19 bc B	18 c C	21 bc B	26 b B	22 bc B
	92/93	25 b A	36 a A	42 a A	41 a A	35 a A	38 a A	42 a A
	Médias	18	30	23	26	26	29	28
	Teste F: Tratamento (T) = 23,08 ** C.V.(%) Tratamento (T) = 12,83	Ano (A) = 104,69 ** Ano (A) = 15,03		Interação (T x A) = 4,93 **				
Cu mg/kg	89/90	9 c A	12 bc A	11 c A	17 ab A	2 a B	12 bc A	8 c A
	90/91	7 d A	12 c A	10 cd A	18 b A	27 a A	9 cd A	8 cd A
	91/92	7 cd A	12 bc A	13 b A	20 a A	20 a B	9 bcd A	6 d A
	92/93	8 c A	12 c A	12 bc A	19 a A	17 ab B	8 c A	8 c A
	Médias	7	12	12	18	21	10	7
	Teste F: Tratamento (T) = 53,07 ** C.V.(%) Tratamento (T) = 23,45	Ano (A) = 0,83 ^{ns} Ano (A) = 18,02		Interação (T x A) = 2,96 **				
Fe mg/kg	89/90	125 a A	115 a A	148 a A	238 a B	1.089 a B	261 a B	113 a A
	90/91	132 c A	140 c A	145 c A	3.456 a A	2.573ab A	388 c B	1.283bc A
	91/92	207 b A	283 b A	283 b A	2.455 a A	1.606abAB	2.189 a A	280 b A
	92/93	805 b A	373 b A	1.250 b A	2.948 a A	1.328b AB	2.851 a A	973 b A
	Médias	317	228	456	2274	1648	1422	662
	Teste F: Tratamento (T) = 21,91 ** C.V.(%) Tratamento (T) = 66,98	Ano (A) = 14,19 ** Ano (A) = 71,23		Interação (T x A) = 3,97 **				
Mn mg/kg	89/90	47 b A	30 b B	54 ab A	76 ab B	150 a B	87 ab B	106 ab A
	90/91	44 c A	70 c AB	43 c A	234 ab A	217ab AB	264 a A	137 bc A
	91/92	70 d A	119 cd A	103 cd A	220 ab A	287 a A	241 ab A	175 bc A
	92/93	60 b A	57 b AB	96 ab A	159 a AB	162 a B	128 ab B	98 ab A
	Médias	55	69	74	172	204	180	129
	Teste F: Tratamento (T) = 25,42 ** C.V.(%) Tratamento (T) = 38,20	Ano (A) = 23,46 ** Ano (A) = 35,81		Interação (T x A) = 2,66 **				
Zn mg/kg	89/90	24 c A	30 abc A	25 bc A	32 a A	31 ab AB	34 a A	24 c A
	90/91	16 d B	22 cd B	17 d B	29 ab A	36 a A	28 bc A	19 d A
	91/92	21 c AB	28 ab A	22 bc AB	27 abc A	27 abc B	32 a A	24 bc A
	92/93	23 b B	25 ab AB	22 b AB	28 ab A	27 ab B	30 a A	22 b A
	Médias	21	26	21	29	30	31	22
	Teste F: Tratamento (T) = 28,61 ** C.V.(%) Tratamento (T) = 12,52	Ano (A) = 10,01 ** Ano (A) = 12,05		Interação (T x A) = 2,88 **				

- Em cada ano (A), médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e em cada tratamento (T), médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (P > 0,05).

TABELA 5 - Quantidades médias de nutrientes incorporados ao solo pelo cultivo de leguminosas intercalares aos citros, nos anos agrícolas 1989/90 a 92/93, EECB, Bebedouro-SP

TRATAMENTO	MACRONUTRIENTES (kg/ha) *						MICRONUTRIENTES (g/ha) *				
	N	P ₂ O ₅ **	K ₂ O **	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>C. juncea</i>	183,4	39,2	204,4	104,8	52,4	13,1	236	92	4.153	721	275
<i>C. spectabilis</i>	44,3	10,2	56,1	38,4	9,8	3,4	74	30	561	170	64
Guandu	143,6	29,9	131,3	54,7	20,5	9,6	157	82	3.119	506	144
Mucuna-preta	85,6	18,8	72,6	39,2	14,2	6,4	93	64	8.095	612	103
Mucuna-anã	91,0	15,3	54,6	31,5	14,0	7,0	91	74	5.768	714	105
Labe-labe	67,4	19,2	69,3	41,7	19,3	7,1	93	32	4.565	578	100
Feijão-de-porco	169,4	30,6	137,9	108,9	30,3	10,9	169	42	4.005	780	133

* - Quantidade de nutrientes considerando plantio das leguminosas em área total. Neste experimento, considerar 50% dos valores acima, ou seja, área intercalar dos citros;

** - Valores de P e K transformados ao equivalente em kg/ha de P₂O₅ e K₂O. Fator de conversão para P=2,3 e K=1,2.

apresentava mais pobre em nutrientes e que a reciclagem, a partir deste ano, melhorou a fertilidade e as condições para o desenvolvimento das leguminosas plantadas posteriormente.

Observa-se, na Tabela 2, que a *Crotalaria juncea* se destacou na produção média de material seco (13,1), seguida pelo guandu (6,84), feijão-de-porco (6,05), mucuna-preta (3,56), mucuna-anã (3,50), labe-labe (3,21) e *Crotalaria spectabilis* (2,46 t/ha). Os valores médios de material produzidos em t/ha, estão próximos aos obtidos por Kiehl (1980), Azeredo & Manhães (1983) e IAPAR (1984). Devido à lenta germinação, a *C. spectabilis*, sofreu competição com o mato, tendo sua produção comprometida; porém, nos anos seguintes, houve uma menor incidência de mato e aumento da densidade populacional, melhorando a produção de material verde e cobertura do solo. Já a mucuna-anã sofreu ataque do fungo da cercosporiose, resultando em queda precoce de folhas e menores valores de material verde, principalmente no ano de 1990/91, produzindo 3,93 t/ha aos 148 dias após o plantio, enquanto, nos anos com incorporação entre 113 e 106 dias, a produção variou entre 15,7 e 31,8 t/ha. Os valores apresentados na Tabela 2 mostram a produção considerando o plantio em área total; porém, no caso do cultivo intercalar ao citros, devem-se considerar apenas 50% dos valores de produção de fitomassa, pois o plantio das leguminosas restringiu-se a 50% da área.

O guandu e a mucuna-preta, espécies de ciclo longo com florescimento após os 140 dias quando avaliadas aos 148 dias da semeadura, apresentaram maiores valores de material verde, quando comparados com as demais espécies de ciclo curto, em torno dos 100 a 110 dias. Já a *C. juncea*, apesar de florescer aos 110 dias, aos 148, apresentava-se mais fibrosa e, por isso, com o maior peso da matéria verde (59,1 t/ha). Isto se confirma na avaliação dos nutrientes presentes na matéria verde nas mesmas datas da avaliação, mostrando menores teores de N, P, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn, conforme ilustram as Tabelas 3 e 4. Polli & Chada (1989) observaram que há uma certa relação entre plantas mais tenras e o maior teor de N na parte aérea.

De acordo com dados apresentados por Azeredo & Manhães (1983), a *C. spectabilis* e a mucuna-preta produziram valores inferiores de matéria fresca da parte aérea, estando as demais espécies estudadas dentro da média citada.

Em geral, quando as plantas foram avaliadas aos 148 dias (1990/91), todas as espécies apresentaram menores teores de nutrientes na parte aérea. Isto leva a crer que ocorre um carreamento de nutrientes para as sementes e transformações bioquímicas, tornando o material mais fibroso, de difícil degradação microbiológica e mais pobres em nutrientes (Mello, 1978).

Os adubos verdes devem ser incorporados ao solo, de preferência, após o florescimento e antes da frutificação, para garantir a adição de uma grande quantidade de material vegetal. A incorporação das plantas, após o desenvolvimento dos frutos, vai resultar no uso de um material mais pobre e possível infestação dos solos com as sementes do adubo verde (Costa, 1989).

A análise química da parte aérea das leguminosas, conforme ilustra a Tabela 3, revelou que, de modo geral, as espécies lenhosas (*C. juncea*, *C. spectabilis*, guandu e feijão-de-porco) apresentaram menores teores de nutrientes; já as herbáceas e rasteiras (mucuna-preta, mucuna-anã e labe-labe)

foram as espécies que apresentaram os maiores teores, principalmente N, S e P, elementos estes fundamentais na formação de proteínas. Quando as leguminosas foram incorporadas aos 148 dias (ano agrícola 1990/91), ao contrário dos demais anos (aproximadamente 110 dias), observou-se diminuição dos teores médios de N, P, Ca, Mg, B e Zn. Esta ocorrência também foi relatada por Castro (1956), que comprovou, nos primeiros meses do período vegetativo, ocorrência de mais alta porcentagem de N nos tecidos das leguminosas, mas a maior quantidade de nutrientes é encontrada na época do florescimento, sendo o momento mais oportuno para o corte, pois as folhas e os talos tenros que constituem as partes mais fáceis para decomposição, são atacados pelos microrganismos e começam a formar amônio e nitratos utilizáveis pelas plantas.

A *C. juncea* apresentou os menores teores de nutrientes no material vegetal; já o labe-labe apresentou, em média, os maiores teores de P, Mg, S, B e Zn, e o feijão-de-porco destacou-se por apresentar os maiores teores de N, K e Ca na parte aérea quando comparado com as demais espécies.

De um modo geral, o feijão-de-porco e o labe-labe foram as espécies que apresentaram melhores teores médios de macronutrientes na parte aérea, seguidos pela mucuna-preta que se destacou nos teores de N e P, a *C. spectabilis* para K e Ca e a mucuna-anã para N e S.

Ambrosano et al. (1997) determinaram teores de N de 27,6 e 16,8 g/kg na parte aérea da mucuna-preta e da *C. juncea*, respectivamente, valores bastante próximos aos obtidos neste experimento, com média de quatro anos de 24 e 14 g/kg, respectivamente.

A incorporação aos 148 dias reduziu também os teores médios de B e Zn na parte aérea das leguminosas (Tabela 4), indicando que a incorporação tardia incorpora um material mais pobre também em micronutrientes. Os maiores teores de micronutrientes foram encontrados na parte aérea da mucuna-anã (Cu, Mn e Zn), já a *C. spectabilis* maiores de B e a mucuna-preta maiores de Fe.

De posse dos resultados de produção média de material verde (Tabela 2) e teores médios de nutrientes (Tabelas 3 e 4), pode-se calcular a quantidade de nutrientes incorporados ao solo pelo cultivo das leguminosas (Tabela 5). Assim, verifica-se que as espécies estudadas são grandes incorporadoras e recicladoras de nutrientes ao solo, considerando apenas a parte aérea, onde se destacam a *C. juncea*, guandu e feijão-de-porco com valores significativos de N (183,4; 143,6 e 169,4 kg/ha, respectivamente), concordando com valores obtidos por Mello (1978). Segundo Igue (1984), 2/3 do N total das leguminosas é proveniente da fixação simbiótica de N₂ atmosférico, e o restante é absorvido do solo numa quantidade total de N que varia de 15 a 30 g/kg do resíduo orgânico.

Estudando a dinâmica do nitrogênio na crotalaria e na mucuna-preta marcadas com 15N, Ambrosano (1995) determinou que 60 a 80 % do N das leguminosas permaneceu no solo, 20 a 30 % foi absorvido pelas plantas de milho e que 5 a 15 % deixou o sistema solo-planta.

Os 183,4 kg/ha de N incorporados pela *C. juncea*, considerando plantio em área total, correspondem a 91,7 kg/ha para plantio na área intercalar dos citros (50%), ou seja, equivale à aplicação de 204 kg de uréia/ha ou 460 kg de sulfato de amônia/ha na área intercalar.

Os demais macros e micronutrientes são provenientes da reciclagem de nutrientes efetuada por estas espécies, que absorvem os nutrientes lixiviados no perfil do solo (camadas subsuperficiais principalmente), trazendo-os novamente à superfície do solo onde estarão disponíveis às culturas econômicas. Este processo de incorporação de nutrientes lixiviados, nas camadas superficiais, se aplica muito bem à cultura de citros, que apresenta, segundo Rodrigues (1980), concentração das raízes nos 40 e 60 cm de profundidade.

Carvalho et al. (1999) demonstraram que a distribuição do sistema radicular da laranjeira-‘Pêra’ no perfil do solo foi influenciada positivamente pela melhoria da estrutura do solo, ocasionada pelo manejo do feijão-de-porco associado à subsolagem na profundidade média de 55 cm, o que resultou em melhor distribuição do sistema radicular dos citros em busca de água e nutrientes.

A *C. spectabilis* e a mucuna-anã incorporaram menores quantidade de nutrientes ao solo, provavelmente devido à baixa germinação da primeira e suscetibilidade à cercosporiose da segunda. Como incorporador de cálcio, o feijão-de-porco destacou-se com a média de 108,9 kg/ha.

CONCLUSÕES

1. As espécies leguminosas estudadas desenvolvem satisfatoriamente intercalar ao citros sem necessidade de manejo pós-plantio, promovendo reciclagem e incorporação de quantidades significativas de nutrientes ao solo, destacando-se o N, K, Ca e P, possibilitando substituir ou reduzir uma parcela dos adubos nitrogenados químicos nos citros.
2. É recomendado alternar espécies leguminosas nas ruas dos citros de acordo com o porte, facilitando manejar os citros no período.
3. Maiores valores de biomassa e reciclagem de nutrientes foram obtidos com a *Crotalaria juncea*, guandu e feijão-de-porco.
4. O guandu e o labe-labe permitem corte alto, pois rebrotam satisfatoriamente, podendo ser manejados por mais de um ano agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSANO, E.J. **Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes, crotalária juncea (*Crotalaria juncea*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho.** Piracicaba, 1995. 83p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba, 1995.

AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária juncea e mucuna-preta com ¹⁵N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n.1, p. 219-24, 1997

AZEREDO, F.D.; MANHÃES, M.S. Adubação orgânica. In: ORLANDO FILHO, J. (Ed). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba: Planalsucar, 1983. p.211-25.

CARVALHO, J.E.B.; SOUZA, L.S.; JORGE, L.A.C.; RAMOS, W.F., NETO, A.O.C., ARAÚJO, A.M.A., LOPES, L.C.; JESUS, M.S. Manejo de coberturas do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja-‘Pêra’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.2, p. 140-5, 1999.

CASTRO, F.S. **Conservación de suelos.** Barcelona: Salvat, 1956. 298p.

COSTA, M.B.B. **Adubação orgânica: nova síntese e novo caminho para a agricultura.** São Paulo: Icone, 1989. 107p. (Coleção Brasil Agrícola)

IAPAR. **Adubação orgânica.** Relatório técnico anual, 1982. Londrina, 1984, 326p.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: **Adubação verde no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1984, p. 232-67.

KIEHL, E.J. Leucena: alternativa para pequena e média agricultura. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1980. 23p. (Circular Técnica, 6)

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MELLO, F.A.F. Fixação de nitrogênio por algumas leguminosas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.53, 1978. p. 59-63.

MIYASAKA, S.; GALLO, J.R.; SILVA, J.G. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **Adubação verde no Brasil**, Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.64-123.

POLLI, H.; CHADA, S. Adubação verde ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n. 3, p. 287-93, 1989.

RODRIGUEZ, O. Nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O. & VIÉGAS, F. **Citricultura brasileira**, Campinas: Fundação Cargill, 1980. v. 2, p. 387-430.

RUSSELL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R. **The soil-root system in relation to brazilian agriculture.** Londrina, IAPAR, 1981. 372p.

SILVA, J.A. A consorciação de adubos verdes na cultura de citros em formação. Piracicaba, 1995. 116p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba, 1995.

SILVA, J.A.A.; DONADIO, L.C.; CARLOS, J.A.D. **Adubação verde em citros.** Jaboticabal: FUNEP, 1999. 37p. (Boletim Citricola, 9).