

LOS ABONOS VERDES: UNA ALTERNATIVA PARA LA ECONOMÍA DEL NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE LA PAPA. I. ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES ESPECIES

Margarita García, Eolia Treto y Mayté Alvarez

ABSTRACT. During the period 1992-1995 two field experiments were carried out, in order to evaluate the effect of three species of green manure in rotation with potato cultivation. Thus, the effectiveness of *Canavalia ensiformis*, *Mucuna aterrimum* and *Crotalaria juncea* were compared with two control treatments: the first (no green manure, no nitrogen fertilizer) and the second one (with mineral fertilizer, 160 kg.ha⁻¹). The effectiveness of several species depended directly on the volume of green matter and nutrient contents that these contribute, which was related among other factors to seeding time. From the three species evaluated, *Canavalia ensiformis* had the best behavior, carrying out the highest contributions of green matter and nutrients to the soil. With this species, potato yields surpassed by 7-14 t.ha⁻¹ the control and mineral fertilization variants, respectively. *Mucuna aterrimum* and *Crotalaria juncea* had, on the other hand, intermediate behaviors with potato yield increments of up to 8 t.ha⁻¹ compared to the control treatment, these being similar to the variant with mineral fertilization. Green manures increased the contents of available P and exchangeable cations of the soil, as well as NPK absorption for the cultivation. The green manure used proved to be an alternative not only of chemical fertilizer substitution but of soil fertility improvement and yield increments for potato cultivation under the conditions studied.

RESUMEN. Durante el período 1992-1995 se llevaron a cabo dos experimentos de campo, para evaluar el efecto de tres especies de abonos verdes en rotación con el cultivo de la papa. Para ello, se comparó la efectividad de la *Canavalia ensiformis*, *Mucuna aterrimum* y *Crotalaria juncea* con dos variantes: la primera, un testigo absoluto (sin abono verde, sin fertilizante nitrogenado) y la segunda con fertilizante mineral (160 kg.ha⁻¹ de N). La efectividad de las diferentes especies dependió directamente del volumen de fitomasa y nutrientes que éstas aportan así como de la relación C:N, todo lo cual se relacionó, entre otros factores, con la época de siembra empleada. De las tres especies evaluadas, *Canavalia ensiformis* fue la más promisoría, ya que realizó los más altos aportes de fitomasa y nutrientes. Con esta especie los rendimientos de la papa fueron superiores en 7 y 14 t.ha⁻¹ a las variantes con fertilización mineral y testigo, respectivamente. *Mucuna aterrimum* y *Crotalaria juncea* tuvieron, por su parte, comportamientos intermedios, con incrementos de los rendimientos de la papa de hasta 8 t.ha⁻¹ por encima de la variante testigo, siendo éstos similares a la variante con fertilización mineral. Los abonos verdes incrementaron asimismo los contenidos de P asimilable y cationes canjeables del suelo así como la absorción de NPK por el cultivo. Los abonos verdes empleados mostraron ser una alternativa no sólo de sustitución de fertilizantes minerales sino de mejora de la fertilidad del suelo y de incrementos sustanciales de los rendimientos en el cultivo de la papa en las condiciones estudiadas.

Key words: potato, *Solanum tuberosum*, crop rotation, green manures, mineral fertilization

Palabras clave: papa, *Solanum tuberosum*, rotación de cultivos, abonos verdes, fertilización mineral

INTRODUCCIÓN

El abonado verde cobra cada día más interés como medida de incremento y conservación de la fertilidad de los suelos, sobre todo en las condiciones de los trópicos, donde las altas lluvias y temperaturas causan su rápida degradación. Por otra parte, los altos precios alcanzados por los fertilizantes minerales los hacen poco accesibles al pequeño agricultor de escasos recursos.

En particular en Cuba, la producción de papa no escapa de la problemática anterior, ya que la mayor parte de los suelos Ferralíticos Rojos en los que esta se cultiva, presentan una alta degradación, dada por los bajos contenidos de materia orgánica, compactación, pH altos, erosión fuerte y, en general, baja productividad (Febles, 1994, Orellana, 1995). Por otra parte, desde 1989, el país atraviesa una grave crisis económica que disminuye la disponibilidad de fertilizantes minerales necesarios a la mayor parte de los cultivos agrícolas en aproximadamente 70 %.

La práctica del abonado verde ha mostrado ser eficiente en la sustitución de fertilizantes nitrogenados y en el incremento de la productividad de los suelos en países

Dra. Margarita García, Investigador Titular, Dra. Eolia Treto, Investigador Titular y Mayté Alvarez, Investigadora del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

como Brasil, China, Colombia y EUA (Chen, 1990; Guilombe, 1994; Calegari, 1995).

En Cuba, de igual forma, se ha venido trabajando en los últimos tiempos en la introducción de esta práctica en cultivos como el arroz, la malanga, la calabaza, el tomate y el maíz (Cabello, Rivero y Canet, 1995; Alvarez *et al.*, 1996 y García, 1998), faltando aún un programa integral para un manejo eficiente de esta alternativa, que vaya desde el conocimiento de las especies más adaptadas hasta su introducción final a los sistemas agroproductivos en la mayor parte de los cultivos.

Por todo lo anterior y conociendo que el éxito de esta práctica depende del conocimiento de las especies idóneas definidas por hábitos y vigor de crecimiento, así como de su comportamiento en los diferentes sistemas productivos, se llevó a cabo el presente trabajo con los siguientes objetivos:

- ↻ evaluar el comportamiento de diferentes especies de plantas como abonos verdes en el cultivo de la papa
- ↻ determinar el efecto de las diferentes especies sobre las características químicas del suelo, la nutrición de las plantas y el rendimiento del cultivo de la papa
- ↻ seleccionar las especies más adaptadas a los sistemas agroproductivos de la papa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones experimentales. Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevó a cabo un experimento de campo durante dos campañas consecutivas (1992-1993 y 1994-1995), sobre un suelo Ferralítico Rojo típico en el área experimental del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situada a 138 m sobre el nivel del mar, en San José de Las Lajas, provincia de La Habana.

El suelo se caracteriza por poseer una fertilidad de media a baja, con un pH-H₂O de 6.74, 2.94 % de MO, 235 ppm de P y 0.49, 11.8 y 1.84 cmol.kg⁻¹ de K, Ca y Mg, respectivamente.

La temperatura promedio anual de la región es de 23.6°C, con dos estaciones bien definidas: la de seca, de noviembre a abril, con una precipitación de 444 mm y la lluviosa, de mayo a octubre con una precipitación de 1 050 mm.

Metodología

Descripción del experimento. Estudio de diferentes especies de plantas utilizadas como abonos verdes y precedentes culturales del cultivo de la papa.

Durante las campañas 1992-1993 y 1994-1995, se evaluó el efecto de tres especies de plantas como abonos verdes y precedentes culturales del cultivo de la papa: *Canavalia ensiformis*, *Mucuna aterrimum* y *Crotalaria juncea*, comparándose con dos testigos: el primero sin abono verde-sin fertilizante mineral, el segundo sin abono verde-con fertilizante mineral (160 kg.ha⁻¹ de N). Los tratamientos se distribuyeron en el campo en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas.

Las actividades de campo se realizaron en cuatro etapas, variando su ejecución en las diferentes campañas como sigue:

	1992-1993	1994-1995
Siembra del abono verde	20-10-1992	11-09-1994
Incorporación del abono verde	26-12-1992	12-11-1994
Plantación de la papa	6-01-1992	1-12-1994
Cosecha de la papa	4-02-1993	1-03-1995

Los abonos verdes fueron sembrados como precedentes de la papa, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

- siembra: se realizó de forma manual utilizando altas densidades (0.45 m entre hileras y alto número de semillas.m⁻¹), lo que dependió de las especies evaluadas. Las parcelas tenían un tamaño de 21.6 m² (6 x 3.6 m), quedando compuestas inicialmente por ocho surcos de las diferentes especies,
- incorporación: se efectuó a los 60 días después de la siembra de forma superficial con un arado de disco ADI-3 M,
- preparación del suelo: se realizó inmediatamente después de la incorporación, utilizando el sistema de labranza mínima (una aradura, una o dos gradas),
- plantación de la papa: se condujo de forma manual después de la incorporación del abono verde. Antes de la plantación se aplicó la dosis total de N de fondo en la variante con fertilización mineral, utilizando la urea como portador. No se empleó fertilizante a base de P y K por considerarse que el suelo presenta cantidades óptimas de estos nutrientes para el cultivo.

Para la plantación de la papa se utilizaron tubérculos de la variedad Desirée con un diámetro de 35 mm, empleando un marco de plantación de 0.90 x 0.25 m.

Las actividades fitotécnicas seguidas en el cultivo de la papa estuvieron acordes con las normas técnicas del cultivo (MINAGRI, 1987).

Evaluaciones realizadas

- ★ **Contenido de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes.** Se procedió a realizar un muestreo de plantas completas antes de su incorporación (60 días). Para ello se tomaron las plantas correspondientes a un área de 0.45 m²/parcela, subdividiéndose éstas en sus respectivos órganos. De cada órgano se halló la masa fresca, tomándose una muestra de 100 gramos para determinar el aporte de fitomasa seca y de NPK.
- ★ **Análisis de suelo.** Se realizó un muestreo de suelo a los 60 días después de la incorporación de los abonos verdes, tomándose para ello una muestra compuesta por cinco puntos individuales en el área de cada parcela. En cada muestra se determinaron el pH-H₂O, MO (Walkley y Black), P (Oniani), K, Ca y Mg intercambiables (acetato de amonio pH.7, 1 N) de acuerdo con los métodos descritos por Black (1965).
- ★ **Análisis foliar.** Se tomaron muestras al azar de hojas recién maduras y completamente desenrolladas de seis plantas por parcela en el momento de máximo crecimiento vegetativo. En todos los casos, se evaluaron los contenidos totales de N, P y K por digestión húmeda con ácido sulfúrico y determinación del N (Nessler), P (molibdato de amonio) y K (fotometría de llama).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon según dócima de rangos múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de la papa y sus componentes. Campaña 1992-1993. Se observaron (Figura 1) efectos positivos de la fertilización nitrogenada y del empleo de los abonos verdes sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de la papa. De los abonos verdes estudiados, se encontró el peor comportamiento con la incorporación de la *Crotalaria juncea*, con la cual los rendimientos obtenidos de la papa no difirieron significativamente del testigo absoluto. La *Canavalia ensiformis* y *Mucuna aterrimum*, por su parte, tuvieron los mejores comportamientos, con los cuales se obtuvieron rendimientos significativamente superiores en 4.6 y 5.2 t.ha⁻¹ a los obtenidos con la variante testigo respectivamente, siendo estos similares a la variante con fertilización mineral.

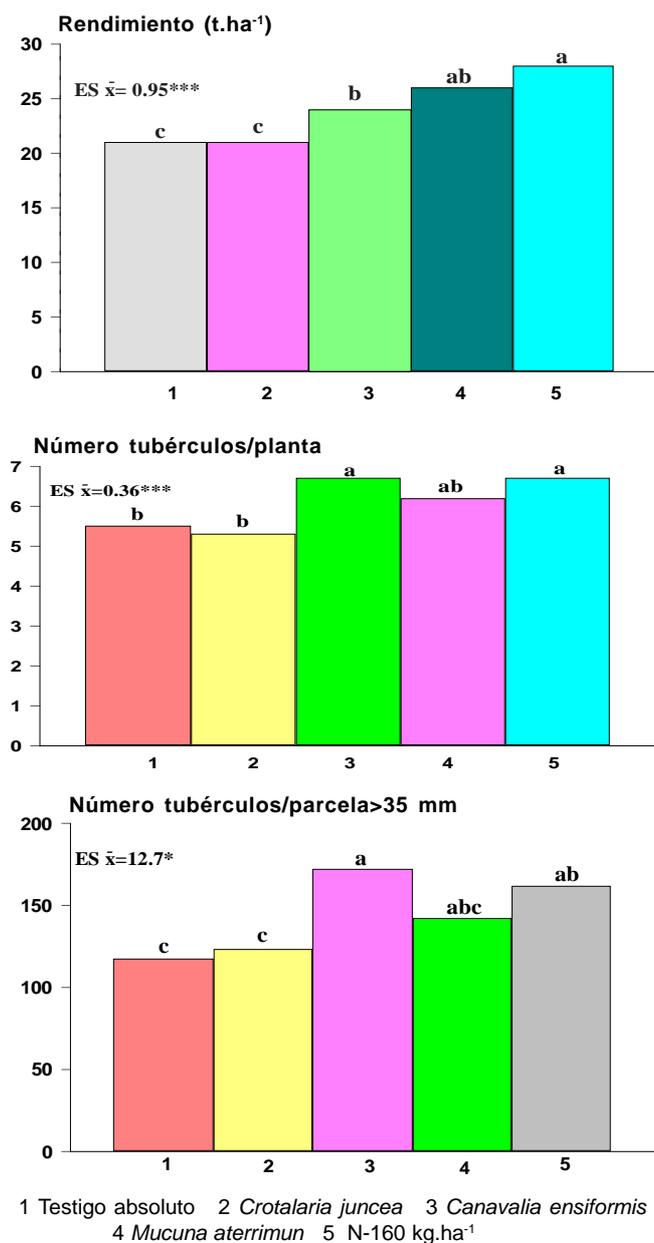


Figura 1. Efecto de diferentes especies de plantas como abonos verdes en el cultivo de la papa. Campaña 1992-1993

En las Tablas I y II, se presentan los aportes de fitomasa y nutrientes y algunas características relacionadas con la calidad del material que incorporan las diferentes especies de abonos verdes evaluadas. En general, los aportes realizados por todos los cultivares fueron considerablemente bajos en esta campaña, oscilando éstos de 0.8 a 1.55 t.ha⁻¹ de fitomasa seca y de 20 a 35 kg.ha⁻¹ N, todo lo cual se debe a las desfavorables condiciones climáticas en que se desarrollaron (noviembre-enero). De las especies evaluadas se destacaron por sus mayores «aportes» la *Canavalia ensiformis* y *Mucuna aterrimum*, no así la *Crotalaria juncea* que realizó los más bajos «aportes» al sistema, hecho que está en correspondencia con la baja respuesta observada anteriormente con esta especie sobre el rendimiento del cultivo de la papa.

Tabla I. Aportes de fitomasa y NPK de diferentes abonos verdes como precedentes de la papa. Campaña 1992-1993

Especies	Masa verde seca (t.ha ⁻¹)		Concentración (%)			Aporte (kg.ha ⁻¹)		
	N	P	N	P	K	N	P	K
<i>Mucuna aterrimum</i>								
Hoja	1.61	0.754	3.40	0.33	1.63	25.83	2.49	12.31
Tallo	3.80	0.720	1.12	0.29	2.03	8.030	2.05	14.64
Raíz	0.33	0.071	1.63	0.24	1.67	1.080	0.16	1.14
Total	5.73	1.550				34.90	4.70	28.20
<i>Canavalia ensiformis</i>								
Hoja	2.11	0.689	3.25	0.36	2.07	20.15	2.50	13.52
Tallo	2.06	0.450	1.55	0.29	2.35	6.74	1.31	10.84
Raíz	0.44	0.139	0.81	0.16	1.35	1.11	0.21	1.91
Total	4.61	1.30				30.5	4.02	26.27
<i>Crotalaria juncea</i>								
Hoja	0.666	0.340	3.62	0.53	1.92	13.77	2.010	6.55
Tallo	1.212	0.396	1.37	0.23	2.28	5.32	0.996	6.88
Raíz	0.222	0.135	0.89	0.17	1.87	1.22	0.230	2.68
Total	2.100	0.873				20.31	3.240	18.10

Tabla II. Composición de las diferentes partes del sistema aéreo de las especies de plantas utilizadas como abonos verdes en el cultivo de la papa. Campaña 1992-1993

Especies	Masa seca (t.ha ⁻¹)	%	Relación tallos/hojas	N (%)	C (%)	Relación C/N
<i>Canavalia ensiformis</i>						
Hojas	0.689	53	0.65	3.25	42.0	12.9
Tallos	0.450	35		1.55	43.0	27.7
Hojas+Tallos	1.139			2.40	42.4	17.7
<i>Crotalaria juncea</i>						
Hojas	0.340	38	1.20	3.62	41.0	11.3
Tallos	0.328	46		1.37	45.0	32.8
Hojas+Tallos	0.738			2.10	43.7	20.8
<i>Mucuna aterrimum</i>						
Hojas	0.754	51	0.95	3.40		
Tallos	0.720	49		1.12		
Hojas+Tallos	1.474					

El comportamiento de esta especie observado se debe a su alta sensibilidad, en comparación con las otras, al fotoperiodismo de días cortos, por lo que al desarrollarse en el período noviembre-enero, las plantas florecen

más rápidamente, sin haber alcanzado el desarrollo vegetativo requerido para ser utilizado con eficiencia como abono verde. Los resultados coinciden con lo observado por Becker, Ladha y Ottow (1995), los que encontraron contenidos de N en la biomasa del abono verde dos o tres veces superiores en la estación húmeda con 12.7 horas luz en comparación con la estación seca con 11.3 horas luz, atribuyéndose estas diferencias al fotoperiodismo que induce floraciones tempranas.

Se observaron asimismo en esta campaña diferencias en la composición del sistema aéreo de las especies de plantas incorporadas como abonos verdes (Tabla II). En este sentido, *Crotalaria juncea* presentó en su composición un porcentaje más alto de tallos que de hojas, con una relación entre ambos órganos de 1.20, no así *Mucuna aterrimum* y *Canavalia ensiformis*, que se caracterizaron por tener más bajas y equilibradas relaciones entre sus órganos (menores de 1,00). La *Crotalaria juncea*, por lo tanto, aportó un mayor porcentaje de material lignificado, con contenidos más altos de C y relación C/N más elevada que el resto de las especies.

En general, los rendimientos alcanzados en esta campaña estuvieron en relación con los aportes de fitomasa y nutrientes de las especies incorporadas, así como con la composición porcentual de hojas y tallos. En este sentido, se obtuvieron los más altos rendimientos con *Canavalia ensiformis*, la cual aportó un mayor volumen de N y un material menos lignificado y de fácil descomposición. El resto de las especies, en especial la *Crotalaria juncea*, se caracterizaron por realizar menos aportes de N al poseer un material más lignificado.

Se observaron (Tabla III), con el empleo de los abonos verdes, altas concentraciones foliares de nutrientes, las cuales fueron similares y en ocasiones superiores a las obtenidas con la fertilización mineral. En particular, se presentan incrementos significativos de los contenidos foliares de P y K, con los mayores índices en el empleo de la canavalia y mucuna. No se encontró efecto significativo de los tratamientos en la concentración foliar de N, aunque se reflejó una tendencia al incremento de este índice con el empleo de la fertilización mineral y el uso de abonos verdes. Con la canavalia se obtuvieron, en general, los mayores incrementos en la concentración foliar de nutrientes en el cultivo.

Tabla III. Efecto de las diferentes especies de abonos verdes sobre la concentración foliar de nutrientes (% MS). 50 ddp. Campaña 1992-1993

Tratamientos	N	P	K
Barbecho	3.85	0.35 c	3.17 b
<i>Crotalaria juncea</i>	4.44	0.42 b	3.25 b
<i>Canavalia ensiformis</i>	4.83	0.55 a	3.95 a
<i>Mucuna aterrimum</i>	4.56	0.47 ab	3.43 ab
N-160 kg N.ha ⁻¹	4.47	0.41 b	3.54 ab
ES x	0.243 NS	0.025***	0.176*

Análisis del efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de la papa y sus componentes. Campaña 1994-1995. A diferencia de la campaña anterior, en esta se obtuvo una mayor efectividad de los abonos verdes incorporados en el incremento de los rendimientos de la papa y sus componentes (Figura 2), todo lo cual estuvo en relación con las altos aportes de N que realizaron las especies y, en particular, la *Canavalia ensiformis* (Tablas IV y V), lo que fue posible por el desarrollo de las especies en un período más favorable (septiembre-noviembre) que en la campaña anterior, confirmándose la importancia de un suministro adecuado (cantidad) de este nutriente a través de esta alternativa.

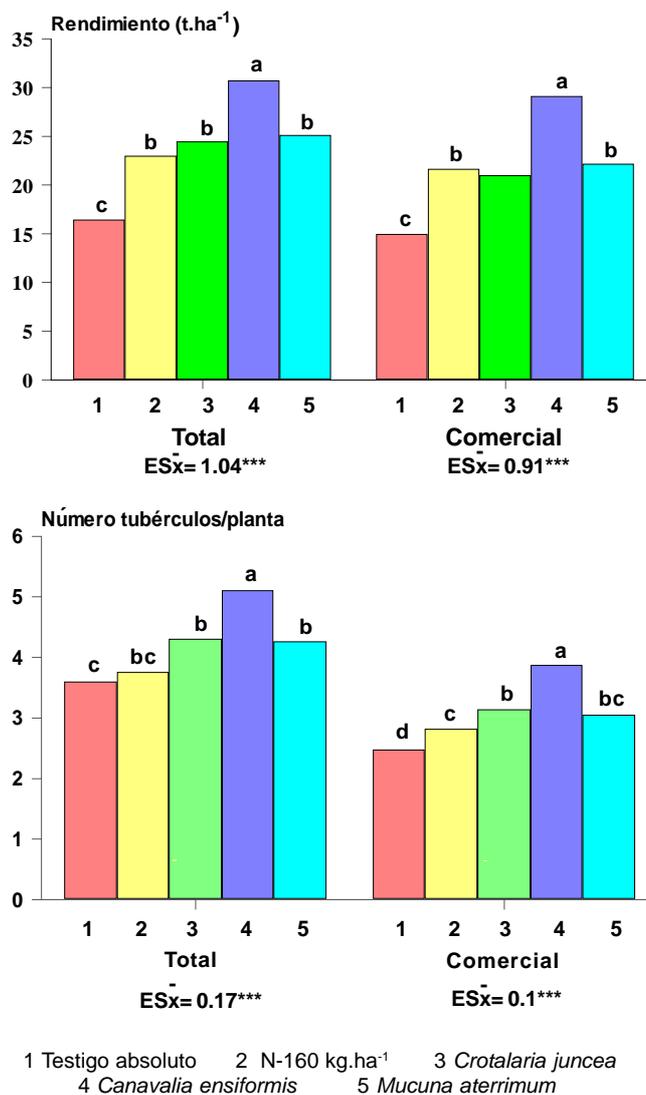


Figura 2. Efecto de diferentes especies de plantas como abono verde sobre el rendimiento de la papa. Campaña 1994-1995

De forma similar a la campaña anterior, se observó respuesta en el rendimiento total y comercial del cultivo de la papa a las aplicaciones del fertilizante nitrogenado y al empleo del abono verde (Figura 2).

Tabla IV. Aportes de masa verde, masa seca y NPK de los abonos verdes incorporados. Campaña 1994-1995

Especies	Masa		Concentración (%)			Aporte (kg.ha ⁻¹)		
	verde (t.ha ⁻¹)	seca (t.ha ⁻¹)	N	P	K	N	P	K
<i>Mucuna aterrimum</i>								
Hoja	8.10	1.370	4.00	0.27	1.35	39.90	2.69	13.45
Tallo	5.88	0.996	1.27	0.17	1.43	17.40	2.33	15.48
Total	13.98	2.366				57.30	5.02	28.93
<i>Canavalia ensiformis</i>								
Hoja	18.66	4.060	4.27	0.28	1.48	173.40	11.38	60.18
Tallo	6.22	1.420	1.67	0.20	1.13	26.60	2.83	16.04
Flores	0.73	0.120	4.13	0.38	1.63	5.00	0.46	2.00
Total	32.21	5.600				205.00	14.70	78.20
<i>Crotalaria juncea</i>								
Hoja	0.660	1.611	3.87	0.37	0.65	62.35	5.96	10.47
Tallo	13.880	4.026	1.60	0.16	0.73	64.42	6.44	29.38
Flores	1.970	0.430	4.80	0.61	1.28	20.64	2.62	5.50
Total	22.40	6.067				147.41	15.02	43.35

Tabla V. Composición de las diferentes partes del sistema aéreo de las especies de plantas utilizadas como abono verde en el cultivo de la papa. Campaña 1994-1995

Especies	Masa seca (t.ha ⁻¹)	%	Relación tallos/hojas	N		C	
				N (%)	C (%)	Relación C/N	
<i>Canavalia ensiformis</i>							
Hojas	4.06	72	0.35	4.27	42.0	9.8	
Tallos	1.42	25		1.87	43.0	26.8	
Flores	0.12						
Total	5.60				42.4	18.3	
<i>Crotalaria juncea</i>							
Hojas	1.61	26	2.50	3.87	41.0	10.6	
Tallos	4.03	66		1.60	45.0	28.1	
Total	6.07						
<i>Mucuna aterrimum</i>							
Hojas	1.37	57	0.73	4.00			
Tallos	0.99	42		1.27			
Total	2.37						

Las tres especies de abonos verdes estudiadas incrementaron considerablemente los rendimientos del cultivo de la papa, siendo éstos significativamente superiores a los obtenidos con la variante testigo. De las tres especies de abonos verdes evaluados, se obtuvo el mejor comportamiento con el empleo de la *Canavalia ensiformis*, con la cual los rendimientos alcanzados sobrepasaron a los obtenidos con la fertilización mineral y la variante testigo en 7 y 14 t.ha⁻¹ respectivamente. Con el empleo de la crotalaria y la mucuna, los rendimientos fueron similares a los alcanzados con la fertilización mineral y superiores en 8 t.ha⁻¹ a los obtenidos en la variante testigo.

En el número de tubérculos/planta y rendimiento comercial, se observaron similares comportamientos a los obtenidos en el rendimiento total (Figura 2).

De acuerdo con numerosos autores y en coincidencia con los resultados encontrados, es ampliamente reconocida la factibilidad del empleo de los abonos verdes, para lograr incrementos sustanciales de los rendimien-

tos de los cultivos agrícolas. Así, Chen (1990) indicó aumentos de los rendimientos del trigo de 37-260 % cuando se incorporó *Crotalaria juncea* y se comparó con el barbecho. Este mismo autor refiere que al incorporar de 20-30 t de abonos verdes en cinco años consecutivos en China, el rendimiento del arroz se incrementó en 795 kg.ha⁻¹, de maíz en 2460 kg.ha⁻¹ y trigo en 945 kg.ha⁻¹. En este sentido y de acuerdo con Calegari (1995), la alta productividad observada con los empleos de los abonos verdes se debe además de los aportes de fitomasa y nutrientes de las especies, a los conocidos efectos complementarios que tienen.

En la Tabla IV se refleja el «aporte» de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes empleados en la campaña 1994-1995, observándose a diferencia de la campaña anterior, aportes de mayor magnitud de todas las especies estudiadas.

De los abonos verdes evaluados, sobresalieron la *Canavalia ensiformis* y *Crotalaria juncea* con suministros considerables de 205 y 147 kg.ha⁻¹ de N y de 5.60 y 6.1 t.ha⁻¹ de fitomasa seca, respectivamente; la mucuna, por su parte, realizó los más bajos aportes al sistema, siendo estos de 57 kg.ha⁻¹ de N y de 2.4 t.ha⁻¹ de fitomasa seca.

Los altos «aportes» realizados por las especies en esta campaña se debieron a su desarrollo en un período climático más favorable (septiembre-noviembre), en comparación con la campaña anterior (noviembre-diciembre).

De forma similar a la campaña anterior, las especies mostraron diferencias en la composición porcentual de las diferentes partes del sistema aéreo (Tabla V). En este sentido, *Crotalaria juncea* se caracterizó por aportar mayores volúmenes de tallos que de hojas (66 y 26 % respectivamente), con una relación tallos/hojas de 2.5; por su parte, mucuna y canavalia presentaron relaciones más bajas entre estos órganos que fueron de 0.73 y 0.35 respectivamente. Asimismo, se observaron diferencias en el porcentaje de C y la relación C/N entre especies. *Crotalaria juncea* hizo los mayores aportes de material lignificado con altos contenidos de C y amplias relaciones C/N.

Se observó (Tabla VI) una mejora en las características químicas del suelo con los tratamientos estudiados, obteniéndose incrementos significativos de los contenidos de P asimilable y cationes cambiabiles con el empleo de los abonos verdes, siendo éstos superiores a los obtenidos con el barbecho y la fertilización mineral respectivamente. No se encontró efecto de los tratamientos sobre el pH del suelo. Los efectos de los tratamientos sobre las características del suelo repercutieron en una mejora en la nutrición foliar del cultivo de la papa, lo cual se muestra en la Tabla VII. Se reflejó un incremento significativo de las concentraciones foliares de NPK con el empleo de los abonos verdes en relación con el testigo (sin abono verde, sin fertilizante mineral).

Los resultados encontrados confirman lo indicado por numerosos autores, los cuales refieren que canavalia, mucuna y crotalaria han mostrado ser especies aptas para ser utilizadas como abonos verdes en rotación con

cultivos comerciales como el arroz, maíz, trigo y otros (Gordon *et al.*, 1994; Gordon, 1994; Teixeira, Testa y Mielniczuta, 1994; Manguiat *et al.*, 1995; Alvarez, 1998; Bravo, 1998).

Tabla VI. Efecto de diferentes especies de abonos verdes incorporados sobre las características químicas del suelo a los 60 días después de la incorporación. Campaña 1994-1995

Tratamientos	Cationes canjeables (cmol/100)			P (ppm)	pH (H ₂ O)
	K	Ca	Mg		
Barbecho	0.59 c	5.92 b	0.90 d	288 d	7.12
<i>Crotalaria juncea</i>	0.61 bc	6.22 ab	1.90 ab	458 bc	7.05
<i>Mucuna aterrimum</i>	0.71 ab	7.07 ab	2.27 a	506 a	6.72
<i>Canavalia ensiformis</i>	0.74 a	7.22 a	1.82 bc	484 ab	7.00
N 160 kg.ha ⁻¹	0.61 bc	6.67 ab	1.45 c	395 c	7.02
ES x	0.034**	0.28**	0.14***	10.9***	10.44 NS

Tabla VII. Efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de nutrientes (% MS) en el cultivo de la papa. Campaña 1994-1995

Tratamientos	N	P	K
Barbecho	2.9 d	0.38 b	3.0 b
<i>Crotalaria juncea</i>	3.3 c	0.42 ab	3.0 b
<i>Canavalia ensiformis</i>	3.5 b	0.44 a	3.6 a
<i>Mucuna aterrimum</i>	3.3 c	0.40 ab	3.2 ab
N-160 kg N.ha ⁻¹	4.2 a	0.41 ab	2.95 b
ES x	0.04***	0.016*	0.20*

De estas especies y coincidiendo con los resultados indicados, la canavalia ha resultado ser una de las más promisorias; así, Gordon (1994), Gordon *et al.* (1994) y Bravo (1998) indicaron que, en las condiciones de Nicaragua, canavalia y mucuna fueron las especies más adecuadas por sus efectos en los sucesivos rendimientos del maíz. De igual forma, Duque (1996) indicó que en las condiciones de Brasil y dependiendo de los factores edafoclimáticos, *Canavalia ensiformis* puede producir hasta 30 t.ha⁻¹ de masa verde, 10-15 t.ha⁻¹ de masa seca y 100-300 kg.ha⁻¹ de N. Por otra parte, García (1998) indica que canavalia se utiliza en las condiciones de Cuba como mejoradora del suelo, al incorporarla como abono verde, produciendo hasta 35 t.ha⁻¹ de masa verde y 200 kg.ha⁻¹ de N, siendo gran fuente de nutrientes y materia orgánica, utilizándose como cobertura del suelo, que evita la presencia de malezas, protege al suelo y conserva la humedad en cultivos como maíz, papa y café.

Como se observó en ambas campañas, los mejores comportamientos en el cultivo de la papa se obtuvieron con la utilización de especies de plantas de fácil descomposición, o sea, con baja relación tallo/hoja y por consiguiente baja relación C:N, lo que unido a las bajas temperaturas reinantes en la época propiciaron una lenta descomposición y por ende pocas pérdidas, dando lugar a que el cultivo hiciera un mayor aprovechamiento del N suministrado en comparación con aquellas especies que

aportaron un material lignificado y de difícil descomposición como *Crotalaria juncea* y *Mucuna aterrimum*. Estas últimas, por su parte, realizaron el suministro de un material más lignificado, con altas relaciones C:N (mayores de 1.00) y, por tanto, de difícil descomposición e hicieron que se aprovechara el N aportado por estas especies con una baja eficiencia, repercutiendo esto en la obtención de rendimientos más bajos del cultivo, en comparación con los obtenidos con la canavalia. Los resultados anteriores están acordes con los encontrados por Rivera (1994) y Pérez (1996) en condiciones de laboratorio, los cuales al estudiar la velocidad de mineralización de tratamientos integrados de plantas de crotalaria y canavalia indicaron que con crotalaria siempre se obtuvo una inmovilización neta del N, mientras que la canavalia presentó una mineralización neta.

De acuerdo con estos autores, dichos comportamientos estuvieron en estrecha correspondencia con las diferencias de las especies en la distribución de los órganos, así como en la composición química respectiva. La crotalaria presentó un 33 % de hojas contra un 67 % de tallos, imponiendo su comportamiento de inmovilización como consecuencia de su alta relación C:N, mayores contenidos de lignina y posiblemente de polifenoles y, por supuesto, su bajo contenido inicial de N.

El comportamiento positivo de la canavalia pudo deberse también al efecto alelopático que ejerce esta especie sobre el control de malezas y patógenos del suelo (Da Costa, 1991).

El aumento de los contenidos de nutrientes asimilables en el suelo, se pudo deber al efecto de los abonos verdes en el aporte, reciclaje y movilización de nutrientes, en particular de formas estables de P y K, convirtiéndolas en formas asimilables para las plantas; los abonos verdes ayudan de igual manera a la formación de ácidos orgánicos fundamentales en el proceso de solubilización de minerales del suelo (Duque, 1996).

CONCLUSIONES

- Los resultados de las campañas evaluadas demostraron la factibilidad de la utilización del abonado verde, como sustituto de fertilizantes químicos nitrogenados y para incrementar la productividad del suelo y los rendimientos del cultivo de la papa.
- Se demostró que las tres especies evaluadas: canavalia, mucuna y crotalaria pueden ser utilizadas con estos fines cuando se desarrollan en períodos favorables; pero es posible esperar resultados relevantes en particular con la incorporación de la *Canavalia ensiformis* a los sistemas agroproductivos en el cultivo de la papa.
- Se comprobó la posibilidad de incrementar la eficiencia de los abonos verdes, cuando las especies se desarrollan en períodos favorables (siembras en o antes de septiembre), pudiendo ser incluidos en los sistemas agroproductivos de la papa cultivares muy fotoperiódicos como la *Crotalaria juncea*.

REFERENCIAS

- Alvarez, M., *et al.* Efecto de diferentes tipos de leguminosas intercaladas sobre el rendimiento de la malanga. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 2, p. 5-8.
- Alvarez, M. Eficiencia del nitrógeno incorporado con diferentes especies de abonos verdes en el cultivo del maíz. En Programa y resúmenes del XI Seminario Científico del INCA, La Habana : INCA, nov. 1998.
- Becker, M., Ali, Ladha, J. K. y Ottow, J. C. G. Agronomic and economic evaluation of *Sesbania rostrata* green manure establishment in irrigated rice. *Field Crops Research*, 1995, vol. 40, p. 135-141.
- Black, C. A. Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties. *Agronomy Journal*. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA, 1965.
- Bravo, J. C. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en rotación con los abonos verdes. En Resúmenes XLIV Reunión Anual PCCMCA Nicaragua, Abril 20-23, 1998.
- Cabello, R. M., Rivero, L. y Canet, R. Uso de la *Sesbania rostrata* y la soya como cultivos precedentes al arroz en la reducción de la fertilización mineral. En II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, La Habana, mayo 17-19, 1995.
- Calegari, A. Plantas para adubacao verde de invierno no sudoeste de Paraná. *IAPAR. Boletín técnico*. 1995, no. 35.
- Chen, L. The studies on green manure in China. *Soil and fertilizer*, 1990, p. 45.
- Da Costa, M. B. B. Adubacao verde no sul do Brasil. Río de Janeiro, 1991, 350 p.
- Duque, F. F. Utilizacao maíz intensiva e diversificada de adubos verdes. *Lavoura Arroceira*, 1996, vol. 20, no.3.
- Febles, J. M. Manejo ecológico de los suelos. [Conferencia curso de Posgrado], La Habana : ISCAH, 1994.
- García, M. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferralítico rojo de La Habana. [Tesis de Doctorado]. La Habana: UNAH, 1998.
- Gordon, R., *et al.* Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con mucuna bajo dos tipos de labranza : Síntesis de resultados experimentales 1993-1995. Río Hato, Panamá, 1994 .
- Gordon, R. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con canavalia bajo dos tipos de labranza : Síntesis de resultados experimentales. Río Hato, Panamá, 1994.
- Guilombe, F. La agricultura orgánica. Costa Rica : Fundación para la agricultura biológica, 1994.
- Manguiat, I. J., *et al.* Enhancement of the green manuring potential of *Sesbania rostrata* for the uplands through Rhizobial inoculation. *Philippine Journal of Biotechnology*, 1995, vol. 4, No. 2, p. 205.
- MINAGRI. Instructivo técnico del cultivo de la papa.- Ciudad de La Habana, 1987.
- Orellana, R., *et al.* Consecuencias de la aplicación excesiva de fertilizantes minerales en el estado físico de los suelos. En II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana, mayo 17-19, 1995.
- Pérez, D. Mineralización del nitrógeno de dos especies de abonos verdes mediante el método de incubación aeróbica. [Tesis de grado]. La Habana : INCA, 1996, 100 p.
- Rivera, R. A. Relatorio del trabajo desarrollado en el CNPAB/ EMBRAPA durante el fellowship IAEA. [Informe de misiones en el extranjero] La Habana : INCA, 1994.
- Teixeira, L., Testa, V. M., Mielniczuta, J. Soil nitrogen, nutrition and yield of maize affected by cropping systems. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 1994, vol. 18, no. 2, p. 202-207.

Recibido: 17 de marzo de 1999

Aceptado: 20 de abril de 1999