

Producción de maíz mediante la introducción de los abonos verdes en la agricultura cubana

Mayté Álvarez, Gloria M. Martín y Ramón Rivera

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

RESUMEN

Los abonos verdes son plantas que se cultivan para ser incorporadas al suelo y suministrar nutrientes y es por esto que constituyen una alternativa natural y económica frente a los fertilizantes minerales. Con el objetivo de conocer la influencia de los mismos en rotación en el cultivo del maíz, se llevó a cabo un experimento sobre un suelo Ferralítico Rojo en el cual se evaluó la potencialidad de cuatro leguminosas en el suministro de Nitrógeno necesario al cultivo del maíz. Los resultados mostraron evidentes efectos positivos de este tipo de plantas desarrolladas en primavera - verano, las que incorporan altos volúmenes de biomasa y nutrientes, lo que se refleja en un incremento de los rendimientos del maíz, encontrándose la influencia más marcada con la incorporación de *Crotalaria juncea*. En las condiciones estudiadas, los abonos verdes pueden ser una alternativa para la sustitución de fertilizantes químicos nitrogenados necesarios al cultivo del maíz (40-80 kg/ha de N) y permiten incrementar los rendimientos del cultivo (1-2.4 t.ha⁻¹), así como obtener ganancias económicas de hasta \$465.00/ha como promedio.

Palabras clave: abonos verdes, maíz, rendimientos, nitrógeno

ABSTRACT

Green manures are plants which are harvested in order to be incorporated to the soil as nutrient supply. Therefore they constitute a natural and economic alternative to minerals. An experiment was carried out in ferralitic red soils in order to study the influence of green manures in rotating corn crops, assessing the potentiality of four (4) leguminosae in supplying N necessary for corn. The results showed evident positive effects of those plants developed in spring summer, which incorporated high biomass and nutrient volumes, being this reflected in an increase of corn yields, meeting the most markedly influence with the incorporation of *Crotalaria juncea*. Under the studied conditions, green manures can be an alternative for substitutions nitrogen chemical fertilizers necessary for corn crops (40-80 kg/ha de N), also allowing an increase in crop yield (1-2.4 t/ha), as well as obtaining economic earnings of up to \$465.00/ha as an average.

Key words: green manures, corn, yields, nitrogen

INTRODUCCIÓN

Los abonos verdes constituyen una alternativa nutricional a los cultivos, los que al ser incorporados o dejados sobre el suelo, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, pudiendo repercutir positivamente en los rendimientos agrícolas, así como brindar otros beneficios como son: el control de plagas, de malezas, los nemátodos y el ahorro de fertilizantes químicos entre otros (Mac Kenzie, 2000; Monedero & al., 2002).

Debido a los problemas ecológicos y económicos creados por el uso indiscriminado de los abonos químicos y otras prácticas de agricultura intensiva, se ha recobrado el interés en retomar el uso y estudio de los abonos verdes, tanto en Cuba como a nivel mundial.

Entre los cultivos que se pueden beneficiar con esta práctica agrícola tenemos al maíz (*Zea mays* L.), el cual posee altos requerimientos nutricionales, fundamentalmente de nitrógeno, los cuales podrían ser satisfechos con el empleo de abonos verdes (Álvarez, 2000).

Es por esto que se realizó el siguiente trabajo, teniendo como objetivos:

- Caracterizar el aporte de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes desarrollados en las condiciones de primavera-verano.
- Determinar el efecto de diferentes especies de abonos verdes en rotación sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz.
- Evaluar la factibilidad agronómica y económica del empleo del abonado verde en rotación en los sistemas agroproductivos del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones experimentales.

Para alcanzar los objetivos propuestos se llevó a cabo un experimento de campo sobre un suelo Ferralítico Rojo (Hernández & al., 1999) en la Estación Central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en San José de Las Lajas, Provincia La Habana, situada a 138 m sobre el nivel del mar, a 23° 00' de latitud norte, 82° 12' de longitud oeste.

La zona donde se ejecutó el experimento se caracteriza por poseer una temperatura promedio anual de 23.7 °C y dos estaciones bien definidas: seca (Noviembre - Abril) y lluvia (Mayo - Octubre).

En la tabla I se muestran las características químicas del suelo donde se realizó el experimento.

TABLA I

Características químicas del suelo del área experimental (0 – 30 cm).

pH (H ₂ O)	M.O (%)	P (ppm.)	Cmol/100g		
			K	Ca	Mg
6.50	2.42	365.55	0.66	12.87	2.51

En el experimento se comparó el efecto de cuatro especies de leguminosas: crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), canavalia (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.), sesbania (*Sesbania rostrata* (Bremek) Oberm) y mucuna (*Stizolobium aterrimum* (L.) D.C.) con dos testigos: el primero, testigo absoluto (sin abono verde y sin fertilizante mineral), y el segundo (sin abono verde y con fertilizante mineral). Los tratamientos se distribuyeron en el campo de acuerdo a un diseño de bloques al azar con 4 réplicas.

La siembra de los abonos verdes se llevó a cabo de forma manual, en el mes de mayo, utilizando altas densidades (0.45 m entre hileras y alto número de semillas por metro), dependiendo el número de semillas por metro de las especies empleadas, así para *Crotalaria juncea*: 0.9 g . m⁻¹, *Sesbania rostrata*: 2 g . m⁻¹; *Stizolobium aterrimum*: 5 g . m⁻¹ y *Canavalia ensiformis*: 9.75 g . m⁻¹, de acuerdo a lo recomendado para estas especies por García & al. (2002).

A los 60 días de la siembra, se incorporaron los abonos verdes, evaluándose antes el aporte de fitomasa fresca, seca y de Nitrógeno Fosforo Potasio, mediante un muestreo de plantas completas en 0.45 m² de superficie de cada parcela experimental.

Antes de la siembra del maíz y después de la incorporación de los abonos verdes, se fertilizaron las parcelas correspondientes a la variante con fertilización mineral (NK), aplicando una dosis de 150 Kg.ha⁻¹ de N en forma de urea y 100 Kg.ha⁻¹ de K₂O como cloruro de potasio. El 40% de la dosis total de N fue aplicada en la siembra y el 60% restante a los 45 días de la germinación del maíz.

La siembra del maíz, variedad Francisco Mejorado se llevó a cabo a los 15 días después de la incorporación del abono verde, teniendo en cuenta que esta puede realizarse desde el momento de la incorporación hasta los 45 días de incorporado (Álvarez, 2000). La siembra se realizó a una distancia de 0.90 m x 0.25 m.

Análisis económico.

Se realizó sobre la base de los rendimientos obtenidos

en todas las parcelas experimentales, calculándose los beneficios netos (ganancias) y la relación valor / costo, siguiendo la metodología descrita por FAO (1980). De acuerdo a esta metodología se calcularon los indicadores económicos a las siguientes fórmulas:

Beneficio Neto = Valor del aumento del Rendimiento (\$) - Costo del fertilizante (\$)

Relación valor / costo = Valor del aumento Rendimiento / Costo del fertilizante

- Relación valor / costo** > 1 Significa que el fertilizante aportó un beneficio.
- > 2 Indica beneficio de 100 %.
- > 3 Significa que el beneficio del fertilizante fue muy notable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según se muestra en la tabla II, las especies de abonos verdes empleadas acumularon en general volúmenes considerables de fitomasa y nutrientes superiores a 2 t.ha⁻¹ de masa seca y 40 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, consideradas estas cantidades mínimas permisibles para la consecución de un efecto significativo sobre la fertilidad del suelo y el rendimiento del cultivo. De las especies evaluadas la *Stizolobium aterrimum* y la *Canavalia ensiformis* aportaron los volúmenes más bajos al sistema. Las especies *Sesbania rostrata* y *Crotalaria juncea* por su parte, fueron las más sobresalientes en este sentido, con aportes de fitomasa fresca de 27.52 y 25.32 t.ha⁻¹ y de 7.89 y 7.35 t.ha⁻¹ de fitomasa seca respectivamente y difirieron significativamente de las otras dos especies estudiadas.

La cantidad de nitrógeno acumulado por las especies varió de 52.07 kg.ha⁻¹ con *Stizolobium aterrimum* a 147.92 kg.ha⁻¹ con *Sesbania rostrata*; los aportes de potasio por su parte variaron de 32.12 kg.ha⁻¹ con *Stizolobium aterrimum* a 130.72 kg.ha⁻¹ con *Crotalaria juncea*, existiendo también diferencias significativas entre las cantidades de nutrientes aportadas por cada una de estas plantas.

Los resultados confirman lo indicado por García (1997) y García & al. (2002), los que refieren que *Sesbania rostrata* y *Crotalaria juncea* son especies de exuberante desarrollo que se adaptan a las condiciones tropicales de altas lluvias, altas temperaturas y días largos, produciendo abundante fitomasa seca que varía de 4 a 8 t.ha⁻¹ y de nitrógeno que oscila de 140 a 160 kg.ha⁻¹ respectivamente.

Según se observa en la figura 1, los abonos verdes incorporados tuvieron una influencia positiva y significativa sobre el rendimiento del maíz. Los más altos rendimientos del cultivo se obtuvieron con la incorporación de *Crotalaria juncea*, con la cual se lograron incrementos por encima del control absoluto de 2.4 t.ha⁻¹ (218 %). Siendo estos asimismo superiores a la aplicación del fertilizante mineral en 1.38 t.ha⁻¹ (145 %).

TABLA II

Aportes de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes incorporados.

Especies	Masa fresca (t.ha-1)	Masa seca (t.ha-1)	N Hojas (%)	N (kg.ha-1)	P (kg.ha-1)	K (kg.ha-1)
<i>Canavalia ensiformis</i>	16.02 c	3.01 c	3.3 a	87.15 c	13.97 c	76.25 c
<i>Stizolobium aterrimum</i>	10.51 d	2.02 d	3.1 b	52.07 d	6.57 d	32.12 d
<i>Sesbania rostrata</i>	27.52 a	7.89 a	3.0 b	147.92 a	19.85 a	130.72 a
<i>Crotalaria juncea</i>	25.32 b	7.35 b	1.9 c	125.12 b	17.32 b	102.10 b
ES x	0.457***	0.15***	0.060***	0.781***	0.685***	2.101***

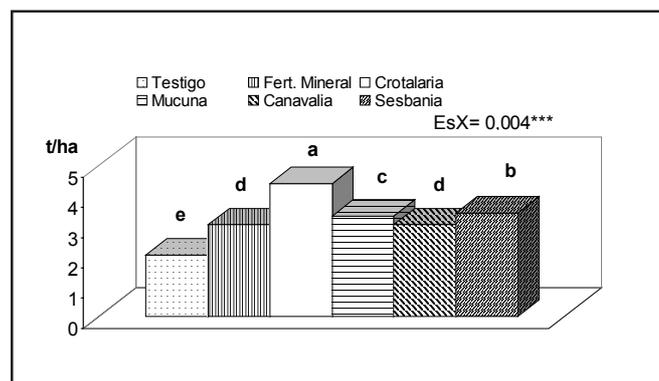


Fig. 1. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del maíz.

Comportamientos intermedios se observaron con el resto de las especies evaluadas, obteniéndose con la incorporación de la *Canavalia ensiformis*, la *Stizolobium aterrimum* y la *Sesbania rostrata* rendimientos similares a la variante con aplicación del fertilizante mineral y superiores al testigo absoluto en valores que oscilaron de 1 a 1.4 t.ha-1.

De acuerdo a numerosos autores y en coincidencia con los resultados encontrados es ampliamente reconocida la factibilidad del empleo de los abonos verdes para lograr incrementos sustanciales en los rendimientos de los cultivos agrícolas. Así, en condiciones similares a las estudiadas en Cuba, García (1997), en el cultivo de la calabaza indicó que la *Crotalaria juncea* fue la que presentó mejor comportamiento en las condiciones de primavera, al incrementar los rendimientos de ésta de 4 a 6 t.ha-1 por encima de la fertilización mineral y del control respectivamente.

Igualmente en Brasil, Ferreira y Carvalho (1996), al utilizar diferentes leguminosas en rotación con el maíz, obtuvieron los mejores resultados con el empleo de *Crotalaria juncea*. Por otra parte Bravo (1998), en Panamá al utilizar *Canavalia ensiformis*, *Stizolobium aterrimum* y caupí en rotación con el maíz, observó que el rendimiento de este cultivo fue incrementado hasta en un 91% por el efecto de la rotación con estas especies.

En general los resultados anteriormente obtenidos reflejan una relación directa entre los rendimientos del maíz y la

magnitud de los aportes de fitomasa y nutrientes de las especies de leguminosas en rotación; en este sentido *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* con los mayores aportes, fueron las que repercutieron en mayor magnitud sobre los rendimientos del maíz; *Stizolobium aterrimum* y *Canavalia ensiformis* por su parte con los más bajos aportes tuvieron menos influencia en el rendimiento del cultivo posterior.

Por otra parte la relación Carbono: Nitrógeno de estas especies pudo haber influenciado en la respuesta encontrada. En este sentido se ha demostrado que *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* poseen una alta relación tallos/hojas (1.85), donde estos al predominar tienden a imponer su comportamiento de inmovilización como consecuencia de su alta relación C: N (Urquiaga & al., 2001; Martín, 2002).

Este N inmovilizado pudo ser liberado posteriormente y en coincidencia con la fase de mayor demanda por el cultivo del maíz debido a las altas lluvias y altas temperaturas. El maíz, por tanto pudo hacer un uso más eficiente del nitrógeno aportado por *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* debido a la mayor permanencia de éste en relación con el aportado por el resto de las especies (*Canavalia ensiformis* y *Stizolobium aterrimum*), (García & al., 2002).

Factibilidad económica del empleo de los abonos verdes en los sistemas agroproductivos del maíz.

El análisis económico del resultado del ensayo se puede observar en la tabla III.

Por concepto de incremento de los rendimientos y disminución de la dosis de fertilizantes los resultados muestran altos beneficios netos de las especies de abonos verdes evaluadas, en particular *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata*, a los sistemas agroproductivos del maíz, obteniéndose con ambas valores de 762 \$/ha.

La relación valor / costo fue mayor de tres para todos los tratamientos estudiados, significando esto que el beneficio del abono verde fue muy notable, aunque es de destacar que con las especies *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* se obtuvieron altos valores en este índice.

TABLA III

Factibilidad económica de los resultados.

Tratamientos	Rendimientos		Incremento del rendimiento		Costos y Beneficios		
	t/ha	\$/ha	t/ha	(\$/ha)	Costo fert. Neto	Beneficio (\$/ha)	Relación (V/C)*
Testigo	2.02	697	-	-	-	-	-
Fert. Mineral	3.02	10.42	1.00	345	64.0	281	5
<i>Canavalia ensiformis</i>	3.02	10.42	1.00	345	55.3	290	6
<i>Stizolobium aterrimum</i>	3.32	11.45	1.30	448	55.5	392	8
<i>Sesbania rostrata</i>	3.42	11.80	1.40	483	49.1	434	9
<i>Crotalaria juncea</i>	4.40	15.18	2.40	821	58.5	762	14

Analizando de conjunto estos resultados podemos expresar que la introducción de estas especies de abono verde en la agricultura puede traer beneficios considerables en sistemas de producción sostenible, donde se combinen con otras prácticas productivas ecológicas al alcance de productores con acceso a bajos insumos.

CONCLUSIONES

- En el cultivo del maíz en rotación con los abonos verdes, las especies *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* en las condiciones de primavera verano presentaron los mejores comportamientos.
- Los más altos rendimientos del cultivo del maíz se obtuvieron con la incorporación de la *Crotalaria juncea*, con la cual se lograron incrementos por encima del control absoluto (sin fertilización mineral) de 2.4 t.ha⁻¹ (218 %) y de 1.38 t.ha⁻¹ (145 % por encima de la variante con fertilizante mineral).
- Con la incorporación de los abonos verdes en rotación en los sistemas agrícolas del maíz se obtuvo una efectividad económica de 465 \$.ha⁻¹ (como promedio para todas las especies evaluadas).

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez M. 2000. Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de la Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Maestro en Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. UNAH. La Habana. 69 p.

Bravo J. 1998. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en rotación con abonos verdes. XLIV Reunión Anual. PECMCA. Resúmenes. Río San Juan, Nicaragua.

FAO. 1980. Los fertilizantes y su empleo. Guía de bolsillo para extensionistas. Colección FAO. Fomento de Tierras y Aguas N. 8 3ra ed. Roma, 54p.

Ferreira A & Carvalho M. 1996. Efeitos de adubos verdes incorporados ou em cobertura, nos componentes de produção de diferentes cultivares de milho. XXII Congreso Nacional de Milho e Sorgo. Resumos. Londrina, Paraná, Brasil. 138p.

García M. 1997. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana. 98 p.

García M, Álvarez M & Treto E. 2002. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. Cultivos Tropicales, 23 (3): 19-30.

Hernández A & al. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. MINAGRI. 64 p.

MacKenzie J. 2000. Green manure cover crops for Minnesota. <http://www.3.extension.umn.edu/projects/yardandgarden/ygbriefs/H234greenm.html>.

Martín GM. 2002. Mineralización del nitrógeno de los abonos verdes y su participación en la nutrición nitrogenada del maíz (*Zea mays* L.) cultivado sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. Tesis en opción al título académico de Maestro en Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA. La Habana, 73 p.

Monedero M, Alfonso CA, González B & Uriarte R. 2002. Factibilidad económica y ecológica del uso de la asociación Maíz + *Canavalia ensiformis* en un sistema maíz- frijol. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov 12 - 15, La Habana) Memorias. CD - ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 959-7023-22-9.

Urquiaga S & al. 2001. Potencial de la fijación biológica del nitrógeno en la productividad de sistemas agrícolas de América Latina. Conferencia. En XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. (15: nov 11 - 16, Varadero, Matanzas) Programa y Resúmenes. CD - ROM.

Recibido: 8 de septiembre del 2003.

Dirección de los autores: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Gaveta Postal No 1. San José de las Lajas. La Habana. Cuba.