



EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA DEL FRIJOL TERCIOPELO (*Mucuna sp.*) COMO CULTIVO DE COBERTERA EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ

[EFFECT OF SOWING DATE OF VELVETBEAN (*Mucuna sp.*) AS COVER CROP ON GRAIN YIELD OF MAIZE]

J. B. Castillo-Caamal * y J. A. Caamal-Maldonado

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Universidad Autónoma de Yucatán

Carretera 15.5 Mérida-Xmatkuil, C. P. 97000, Mérida, Yucatán

**e-mail: jose.castillo@uady.mx*

**Corresponding Author*

RESUMEN

La agricultura milpera se practica desde hace casi tres milenios en el área maya mesoamericana. Se basa en el manejo de la vegetación con barbecho prolongado y el cultivo breve del maíz y sus acompañantes. Actualmente, debido a una mayor presión sobre los recursos, el barbecho se ha reducido; en consecuencia también el rendimiento de grano de maíz, atribuido a la disminución de la fertilidad y aumento de las arvenses. Los cultivos de cobertera, leguminosas, gramíneas o las mezcla de ambas, contribuyen a resolver algunos de los problemas asociados a la milpa. Sin embargo, se conoce poco del funcionamiento de éstas, en condiciones de baja precipitación y suelos permeables. Dado el potencial para interacciones competitivas entre el cultivo de cobertera y el cultivo principal, la fecha de siembra puede jugar un papel fundamental en el sistema. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fecha de siembra en el desempeño del frijol terciopelo (FT) como cultivo de cobertera asociado a maíz. Los tratamientos fueron los siguientes: 1) testigo, maíz sin FT, 2) siembra simultánea de FT con maíz, es decir 0 días después de la siembra del maíz (DDSM), 3) siembra del FT 20 DDSM, 4) siembra del FT 40 DDSM y 5) siembra del FT 60 DDSM. Se utilizó un diseño experimental de cuadrado latino 5 x 5 x 5, se registraron las variables: rendimiento de grano de maíz y componentes de rendimiento, contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio del suelo en la fase masosa del grano de maíz; y contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en el grano de maíz, vaina y grano del FT. La siembra simultánea y 20 DDSM del FT redujeron el rendimiento de grano del maíz en 59 y 25 % con relación al testigo, respectivamente. El rendimiento de grano de maíz se ajustó a la ecuación $y = -0.552X^2 + 48.54X + 606.3$ ($R^2 = 0.96$), mientras que el rastrojo a $y = -0.648X^2 + 65.632X + 3989.7$ ($R^2 = 0.99$). El nitrógeno del suelo se redujo en la siembra simultánea ($P < 0.05$), mientras que el fósforo y el potasio intercambiable no fueron afectados por los

tratamientos. Los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en el grano de maíz y en la vaina y grano de FT tampoco fueron afectados por los tratamientos. La fecha simultánea y 20 DDSM reducen el rendimiento de grano y rastrojo de maíz; por lo que para un mejor aprovechamiento del FT como cultivo de cobertera se deberán considerar otras estrategias de manejo para optimizar la producción y utilización de la biomasa.

Palabras claves: Sistema milpa; cultivos de cobertera; frijol terciopelo; fecha de siembra; rendimiento de maíz.

SUMMARY

Milpa system has been practiced for almost three millennia in the Mesoamerican Mayan area. It is based on the management the vegetation with a prolonged period of fallow, and a short time for cultivation of maize and a diverse cast of associated crops. Today, due to a greater pressure on resources, the fallow period has been reduced, with a consequent reduction in the grain yield of maize, attributed to low fertility of soil and weed increase. Cover crops –legumes, grasses or a mixture of both- contribute to solve some problems associated with the milpa system. However, little is known about the functioning of these in conditions of low rainfall and permeable soils. Given the potential competition of cover crops and maize, the planting date of cover crops may play a key role in the system. The objective of this work was to evaluate the effects of the planting day on the performance of velvet bean (VB) as a cover crop associated to maize. Treatments were as follow: (1) control, maize without velvet bean (VB), (2) simultaneous planting of VB with maize, in other words 0 days after sowing maize (DASM), (3) VB planting at 20 DASM, (4) VB planting 40 DASM, and (5) VB planting 60 DASM. A Latin Square 5 x 5 x 5 experimental design was used, with the following variables registered: yield grain and yield components; nitrogen content, phosphorus and potassium from soil in the full-grain phase of maize;

and nitrogen, phosphorus and potassium content in the grain of maize, pod and grain of the VB. Simultaneous planting and 20 DASM of the VB reduced the yield of grain of maize in 59 % and 25 % in relation to the control, respectively. Grain yield of maize was adjusted to the equation $y = -0.552X^2 + 48.54X + 606.3$ ($R^2 = 0.96$), while the stubble was $y = -0.648X^2 + 65.632X + 3989.7$ ($R^2 = 0.99$). Nitrogen of soil was reduced in the simultaneous planting ($P < 0.05$), while exchangeable phosphorus and potassium were not affected by treatments. The contents of nitrogen,

INTRODUCCIÓN

Los cultivos intercalados permiten intensificar el uso del suelo en su dimensión temporal y espacial; permiten cierta regulación de plagas, poblaciones de arvenses, enfermedades y sinergismos. Sin embargo, el uso complementario de los recursos en sistemas de cereal-leguminosas, implica la necesidad de manejar las interacciones (Midmore, 1993; Gliessman, 2002), de forma tal que se obtengan ventajas relativas en tiempo y espacio, de la luz, temperatura, nutrientes y humedad (Vandermeer, 1989). En sistemas de cereal y leguminosa, al utilizar a estas últimas de cobertura, es importante asegurar una producción abundante de biomasa con una alta concentración de N (Lobo-Burle *et al.*, 1992; Stern, 1993). No obstante, la producción de biomasa de las coberturas depende de la radiación solar, temperatura, precipitación pluvial y disponibilidad de nutrimentos, en consecuencia determinan el sistema de siembra en relación al cultivo principal (Buckles y Barreto, 1996). Por ejemplo, el éxito del frijol terciopelo (FT) (*Mucuna* sp.) se debe a su alto rendimiento de biomasa aérea, que puede alcanzar hasta 12 t ha⁻¹ de materia seca (MS), además de ejercer control en las arvenses y mejorar las propiedades químicas y físicas del suelo (Triomphe, 1996; Sanginga *et al.*, 1996; Carsky *et al.*, 1998; Buckles y Triomphe, 1999; Caamal *et al.*, 2001). En regiones donde la precipitación pluvial permite obtener dos ciclos de cultivo de temporal (primavera-verano y otoño-invierno), el FT crece en el temporal (marzo-abril a noviembre); en el ciclo de otoño-invierno se chapea la leguminosa para sembrar el cultivo de maíz, que culmina su ciclo en los meses de marzo o abril (Triomphe, 1996; Pool *et al.*, 1997; Vargas, 2002); así la interacción que ocurre en el sistema cereal-leguminosa es favorable (Pool *et al.*, 1997; Buckles y Triomphe, 1999). Sin embargo, en áreas con restricciones de humedad donde se hacen necesarios los sistemas de intercalado a fin de lograr una cobertura rápida (Arteaga *et al.*, 1997), el FT suele afectar la producción de maíz. Este efecto negativo del hábito trepador y el desarrollo de raíces superficiales abundantes del FT, está relacionado con siembra temprana en ambientes subhúmedos (Buckles y Barreto, 1996; Carsky *et al.*, 1998; Vargas 2002). Este

phosphorus and potassium in the grain of maize and in the sheath and grain of VB were not affected by treatments. Simultaneous date and 20 DASM reduce the yield of grain and stubble of maize; therefore, for a better use of VB as cover crops other management strategies should be considered to optimize the biomass production and their utilization.

Key words: Milpa system; cover crops; velvet bean; sown date; yield of maize.

tipo de interacciones ocurre también en otras especies como *Vigna unguiculata* Walp. (Shackell y Hall 1984), pero en el FT este efecto ha limitado su adopción, en especial en el sureste de México y en Centroamérica (Arteaga *et al.*, 1997). En consecuencia, es importante evaluar el momento de la siembra del FT bajo condiciones específicas, para reducir el efecto negativo en el rendimiento de grano de maíz y optimizar la producción de biomasa de esta leguminosa (López *et al.*, 1993; Carsky *et al.*, 1998). Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar cuatro fechas de siembra del frijol terciopelo intercalado con el cultivo de maíz, sobre el rendimiento de grano del cereal, en relación a los contenidos de nitrógeno total, fósforo y potasio del suelo, el rendimiento de grano de la leguminosa y en los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio del grano del maíz y de la leguminosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características generales del sitio

Este trabajo se realizó en el norte del estado de Yucatán, a 21° 51' Latitud Norte y 89° 41' Longitud Oeste. El clima de la región es Awo" (i) g, cálido subhúmedo; régimen de lluvias en el verano, en promedio 984 mm al año, distribuido de junio a octubre y temperatura promedio anual de 26° C (Duch, 1988). Los suelos que predominan en la zona son clasificados en leptosol de textura media, que incluyen diferentes tonalidades de café-oscuro, café rojizo y rojo; y los litosoles (Bautista *et al.*, 2005).

Prácticas generales

El experimento se realizó en un predio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, cuyo manejo correspondió a un tercer año de cultivo. El área fue preparada mediante la roza, tumba y quema de la vegetación y cultivada durante dos años consecutivos con espelón (*Vigna unguiculata*) en monocultivo. En el segundo y tercer ciclo, en la preparación de la cama de siembra se omitió la quema de los residuos de la cosecha y de los rebrotes de los tocones de los árboles, la siembra se

hizo sobre los residuos. El experimento fue realizado a temporal, sin riego de auxilio. El control de hierbas fue manual, las mazorcas en estado verde fueron cubiertas para prevenir el daño ocasionado por los pájaros. Después que el maíz alcanzó la madurez fisiológica, se hizo la dobla de las plantas del maíz para acelerar el proceso de secado de la mazorca. El experimento se llevó a cabo en una pequeña planicie de leptosol de textura media (Bautista *et al.*, 2005), en donde fueron trazadas 25 parcelas de 4.0 x 5.0 m, con área útil de 6 m².

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos fueron:

- 1) Testigo, maíz sin FT
- 2) Siembra simultánea del FT con el maíz, es decir, 0 días después de la siembra (DDSM)
- 3) Siembra del FT 20 DDSM
- 4) Siembra del FT 40 DDSM
- 5) Siembra del FT 60 DDSM.

Se utilizó un diseño experimental de cuadrado latino que consistió en cinco tratamientos en cinco hileras y cinco columnas (Martínez, 1988). Las variables fueron: rendimiento y componentes de rendimiento de grano del maíz; nitrógeno total, fósforo disponible y potasio intercambiable del suelo; contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio del grano de maíz, de la vaina y del grano del frijol terciopelo. Se aplicó un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental y fue utilizado el paquete estadístico SAS (SAS, 1996). Los datos del rendimiento de grano del FT fueron transformados a logaritmo base diez para corregir la heterogeneidad en la varianza.

Manejo del experimento

El maíz fue sembrado al inicio del temporal lluvioso, el 6 de junio de 2001, también fue sembrado el tratamiento 0 DDSM. Posteriormente el FT fue sembrado el 27 de junio, 17 de julio y 1 de agosto de 2001, para 20, 40 y 60 DDSM, respectivamente. La distancia de siembra de maíz fue de 1.0 x 1.0 m, depositando cuatro semillas en cada posición, mientras que el FT fue sembrado en medio de las hileras del maíz a una distancia de 0.50 m, en cada postura se depositaron dos semillas. Las plantas del FT crecieron libremente, sin podas, y no se bajaron las guías de las plantas del maíz.

Variables

Se registró el rendimiento de grano de maíz y los componentes de dicho rendimiento, el 18 de octubre de 2001. Mientras que el FT se cosechó el 30 de enero de 2002. La cobertura del FT se estimó visualmente en la escala de 0 a 100 %, el 6 de septiembre y el 18 de

octubre de 2001. Las muestras de suelo fueron obtenidas en el proceso de llenado del grano de maíz y fueron secadas en condiciones de sombra. Después se procedió a las determinaciones de nitrógeno total del suelo por el método Kjeldhal (Anderson e Ingram, 1993), fósforo por el método Olsen (Anderson e Ingram, 1993) y potasio intercambiable extraído con acetato de amonio (Okalebo *et al.*, 1993). Las muestras del grano de maíz y del FT fueron tomadas al final del ciclo de cada una para determinar las concentraciones de nitrógeno (proteína cruda), fósforo y potasio.

RESULTADOS

El momento de la siembra intercalada del FT con el cultivo de maíz influyó en el rendimiento de grano del maíz y varió de 658 a 1819 kg ha⁻¹ de MS (Cuadro 1) La siembra simultánea del FT disminuyó el rendimiento de grano del maíz, representó el 59 % con relación al tratamiento testigo, mientras que en 20 DDSM el rendimiento de grano de maíz se redujo en 25 %. Los rendimientos de grano de maíz de los tratamientos 40 y 60 DDSM no fueron estadísticamente diferentes del testigo (Cuadro 1).

El rendimiento de maíz en función de la fecha de siembra se ajustó a una ecuación cuadrática (Figura 1). La siembra temprana del FT redujo la biomasa del rastrojo de maíz, cuyo efecto fue mayor en la siembra simultánea con el cultivo de maíz, pues sólo se cosecharon 3961 kg ha⁻¹ de MS en contraste de los otros tratamientos (Tabla 1).

El rastrojo de maíz presentó una respuesta cuadrática a la fecha de siembra del FT (Figura 1). La siembra simultánea del FT disminuyó ($P < 0.01$) el número de mazorcas a 0.52 planta⁻¹ en comparación a 0.74 planta⁻¹ en el tratamiento testigo (Tabla 1); en los demás tratamientos el comportamiento fue similar al testigo. De igual modo, el peso individual de la mazorca fue afectada en un rango de 80 hasta 129 gramos (Tabla 1).

El peso específico del grano de maíz varió de 24.4 a 30.2 g por 100 granos, correspondientes a 0 y 60 DDSM (Tabla 1). A los 90 y 120 DDS del maíz se presentó un efecto significativo de la cobertura debido a las fechas de siembra (Tabla 1). Para la variable altura de planta en el momento de la floración, no se encontraron diferencias significativas entre las fechas de siembra del FT ($P > 0.05$).

Por otra parte, la siembra simultánea del FT con el maíz disminuyó el contenido de nitrógeno total del suelo, lo cual coincidió con la presencia de una clorosis en las plantas de maíz (Tabla 2). Las concentraciones de fósforo disponible (Olsen) y potasio intercambiable del suelo no fueron afectados por los tratamientos (Tabla 2).

Los tratamientos no influyeron en los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio del grano de maíz, cuyos valores fueron 1.62 a 1.82 g N kg⁻¹ de MS, 2586 a 3007 mg P kg⁻¹ de MS y de 2240 a 2802 mg K kg⁻¹ de MS (Tabla 3). Por otra parte, los contenidos de

nitrógeno, fósforo y potasio del grano y la vaina del FT tampoco fueron afectados por los tratamientos (Tabla 3).

Tabla 1 Efecto de la fecha de siembra del FT en el rendimiento de grano de maíz y de sus componentes.

Variables	Tratamientos					Prob.
	TESTIGO	0 DDSM	20 DDSM	40 DDSM	60 DDSM	
Grano maíz (kg ha ⁻¹)	1593 a	658 b	1201 ab	1819 a	1478 a	P < 0.01
Rastrojo (kg ha ⁻¹)	5058 a	3961 b	5129 a	5492 a	5623 a	P < 0.05
Altura maíz (cm)	187 a	162 a	172 a	180 a	183 a	N. S.
Mazorca pl ⁻¹ (núm.)	0.74 a	0.52 b	0.68 a	0.81 a	0.74 a	P < 0.01
Peso mazorca (g)	123 ab	80 c	96 bc	129 a	121 ab	P < 0.01
PEG de maíz (g en 100 semillas)	29.8 a	24.4 b	28.6 a	29.8 a	30.2 a	P < 0.01
Cobertura FT a 90 DDS	-	8.35 (70) a	6.23 (40) b	2.99 (9) c	3.71 (13) c	P < 0.01
Cobertura FT a 120 DDS	-	7.75 (64) a	6.70 (47) b	4.22 (18) c	3.71 (13) d	P < 0.01
Grano FT (kg ha ⁻¹)	-	*3.10 (1525) a	2.85 (867) ab	2.71 (731) bc	2.51 (414) c	P < 0.01

*Cifras fuera de paréntesis indican valores transformados al logaritmo natural en base a 10.

Tabla 2. Contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio del suelo en la fase masosa del grano de maíz.

Tratamiento	N (g kg ⁻¹ suelo)	P (mg kg ⁻¹ suelo)	K (mg kg ⁻¹ suelo)
Testigo	4.2 a	64.9	838.0
0 DDSM	3.5 b	59.1	704.6
20 DDSM	4.1 a	59.2	670.8
40 DDSM	4.3 a	67.5	827.6
60 DDSM	4.5 a	69.1	753.5
EED	0.25	8.9	90
C.V. %	9.0	21.9	18.8

DISCUSIÓN

Rendimiento de grano de maíz y componentes de rendimiento

La disminución del grano de maíz en siembras tempranas del FT, concuerda a lo reportado por Buckles y Perales (1994). De igual modo, López *et al.* (1993a) al variar la fecha de siembra del frijol espada a 0, 30 y 60 DDS del maíz, la siembra simultánea redujo en mayor medida el rendimiento de grano del maíz entre 0.25 y 1.41 t ha⁻¹, en densidades de siembra de maíz de 4.4 y 6.6 plantas m⁻². En siembra simultánea en Ghana, el FT también redujo el rendimiento del grano de maíz debido a la competencia (Osei-Bonsu y Buckles, 1993, citados por Carsky *et al.*, 1998). Al respecto, dichos autores sugieren la aplicación de podas al FT en siembras simultáneas para reducir la interacción negativa al cultivo de maíz. Asimismo,

dicho efecto se puede reducir al retardar la siembra, tal como ocurrió en este experimento. Por su parte, Fischler (1996, citado por Carsky *et al.*, 1998) encontró una reducción del rendimiento de 4.8 a 3.5 de grano de maíz en la primera estación de lluvias, en un ambiente con precipitación bimodal, al asociar el FT con el maíz. En la segunda estación lluviosa el rendimiento de maíz fue ligeramente superior (2.9 t ha⁻¹) después de cultivar FT, comparado con el maíz sembrado solo y de forma consecutiva. En este experimento, el rendimiento de grano de maíz fue favorable en fechas mayores a 20 DDSM. Sin embargo, siembras tardías del FT, al simular un relevo, redujo la cobertura (~13 %) en contraste de 70 % de la siembra simultánea. López *et al.* (1993b), al asociar FT al maíz en diferentes épocas y densidades de siembra, concluyeron que no se afectó el rendimiento de grano del maíz al sembrar de 0 a 90 días el FT. En el mismo sentido, Carsky *et al.* (1998) indicaron que el

FT a 45 DDSM en la segunda estación lluviosa incrementó a 6.1 t ha^{-1} el rendimiento de grano de maíz comparado con 4.2 t ha^{-1} en maíz cultivado en monocultivo en forma continua. También se ha indicado una reducción del número y el peso de la mazorca por la siembra temprana del FT con maíz (López *et al.* 1993a). La altura de maíz en la fase final del estado vegetativo no fue afectada por la fecha de siembra del FT; sin embargo, se redujo la biomasa derivada del rastrojo del maíz.

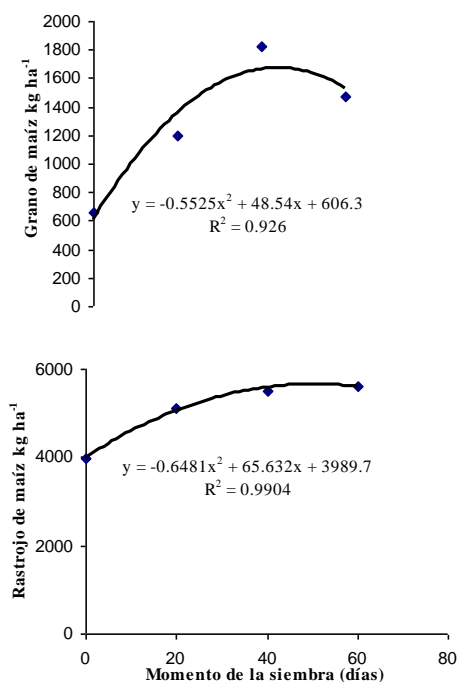


Figura 1. Efecto de la fecha de siembra del FT en el rendimiento de maíz.

Rendimiento de grano de FT

El mayor rendimiento de grano del FT fue obtenido en la siembra simultánea de esta planta; lo cual se atribuyó a que aprovecharon ventajosamente la luz, los nutrientes y la humedad (Midmore, 1993; López *et al.*, 1993a; Carsky *et al.*, 1998). Esto disminuyó el nitrógeno del suelo, acumulándose este nutriente en la biomasa del FT, pues el crecimiento fue exuberante en contraste de lo que sucedió con las plantas de maíz. El rendimiento de grano en la siembra simultánea está en correspondencia con diversos trabajos (Duke, 1981; Carsky *et al.*, 1998; Lara y Escobedo, 1991), dicha acumulación de MS compensa la pérdida de rendimiento del grano de maíz en los otros tratamientos y supera la cantidad de nutrientes acumulados en la biomasa de ésta, en especial en el grano.

Nitrógeno, fósforo y potasio del suelo

La disminución de nitrógeno del suelo en la siembra simultánea del FT y el cultivo de maíz, sugiere en principio la habilidad competitiva de esta leguminosa con este manejo, pues a 45 días después de la siembra, se observó una sensible apariencia clorótica de las plantas de maíz, y coincidió con el crecimiento vigoroso del FT. Es ampliamente conocido que el nitrógeno es uno de los nutrientes que más limitan el crecimiento de las plantas, en especial en la fase reproductiva, la cual en el maíz Nal-Xoy fue alrededor de 55 DDS; que es cuando se presenta la mayor demanda para la formación de la mazorca, con más de 90 % del peso del grano de maíz derivado de los fotosintatos (Tanaka y Yamaguchi, 1981). Las cinco hojas ubicadas inmediatamente encima de la mazorca son las más importantes durante el llenado del grano, por lo tanto, si son deficientes de nitrógeno es probable que se reduzca el rendimiento de grano, como sucedió en este experimento. El fósforo disponible y potasio intercambiable del suelo, aunque no fueron afectados por los tratamientos, tendieron a disminuir en las dos fechas tempranas de siembra.

Nitrógeno, fósforo y potasio de la biomasa de las plantas

Los contenidos de nitrógeno registrados en el grano de maíz concuerdan a los resultados de Amaya (2005) para la misma variedad de maíz. Sin embargo, los contenidos de fósforo en el grano de maíz fueron superiores de los encontrados por Amaya (2005) para la misma variedad de maíz creciendo en la zona Centro del estado de Yucatán. Lo opuesto ocurrió en los contenidos de potasio, pues en este experimento los valores fueron ligeramente inferiores de lo registrado por Amaya (2005). Por su parte, los contenidos de nitrógeno en el grano y la vaina del FT no presentaron efecto por la fecha de la siembra de esta leguminosa con el cultivo de maíz y los valores fueron superiores a lo registrado por Amaya (2005), pero ligeramente inferiores a lo reportado por Ayala-Burgos *et al.* (2003). Los valores de fósforo en el grano del FT indicaron ausencia de respuesta por el efecto de la siembra intercalada de esta leguminosa con el maíz, con valores similares a los reportados por Amaya (2005); en contraste, este autor observó valores superiores de los contenidos de este nutriente en la vaina que lo registrado en el presente experimento. El comportamiento del potasio fue similar al nitrógeno y fósforo, es decir, no hubo cambios significativos por variar la fecha de siembra de la leguminosa en sus contenidos de potasio en el grano y en la vaina. Amaya (2005) encontró valores inferiores de potasio en el grano del FT, en relación a este trabajo, pero los contenidos de este nutriente en la vaina fueron ligeramente superiores que lo encontrado aquí.

Tabla 3. Efecto de la fecha de siembra intercalada de maíz en la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en grano de maíz y, en vaina y grano del frijol terciopelo.

Tratamiento	N (g kg ⁻¹ de MS)	P (mg kg ⁻¹ de MS)	K (mg kg ⁻¹ de MS)
Grano de maíz			
Testigo	17.8	2,704	2,802
0 DDSM	16.2	2,693	2,451
20 DDSM	16.9	3,007	2,623
40 DDSM	16.3	2,631	2,240
60 DDSM	18.2	2,586	2,378
EED	1.12	387	345
C. V. %	10.4	22.4	21.9
Grano del FT			
0 DDSM	38.75	2,049	14,448
20 DDSM	38.62	1,615	14,905
40 DDSM	37.65	1,839	14,542
60 DDSM	37.36	1,811	15,647
EED	1.6	246	816
C.V. %	6.0	19.5	7.9
Vaina del FT			
0 DDSM	9.4	760	1,804
20 DDSM	10.8	620	1,621
40 DDSM	8.1	690	1,714
60 DDSM	9.1	630	1,733
EED	1.3	111	627
C. V. %	20.6	23.8	5.3

CONCLUSIONES

La variación de la fecha de siembra intercalada del frijol terciopelo en el intervalo de 0 a 60 días después de la siembra del maíz influyó en el rendimiento de grano y el rastrojo de maíz, reflejado en una respuesta cuadrática en ambas variables, lo que indica un momento de optimización de la producción que disminuye posteriormente. La reducción del rendimiento del grano del maíz ocasionado por la siembra temprana del frijol terciopelo es superada en términos de nutrientes acumulados, pues la concentración de nitrógeno en el grano de esta leguminosa es tres veces mayor que en el grano de maíz. Aunque el fósforo y el potasio del suelo sólo tendieron a disminuir en las siembras tempranas del frijol terciopelo, el nitrógeno total del suelo disminuyó significativamente en la siembra simultánea, lo que indicó una mayor competencia por este nutriente crítico en el cultivo de gramíneas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo al proyecto: "Evaluación de leguminosas para

intensificar la milpa en Yucatán" clave 980603 y por la beca del primer autor para el desarrollo de sus estudios de doctorado.

REFERENCIAS

- Amaya, C. M., Bautista, Z. F., Castillo, C. J. 2005. Dinámica de la calidad del suelo de la milpa con el uso de leguminosas como cultivos de cobertera. En Bautista Z. F. y Gerardo P. A. (eds). Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán (Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales). Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 282 p.
- Anderson J., Ingram J. 1993. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. 79-82 CAB International. Wallingford, England.
- Arteaga, L., Carranza T., Eilittä, M., Gonzáles, M., Guerrero, C., Guevara, F., Herrera, B., López, A., Martínez, F., Mendoza, A., Narváez, G., Puentes, R., Reyes, H., Robles, C., Sohn, I., Triomphe, B. 1997. El uso de sistemas de

- cultivo con plantas de cobertura en algunas comunidades del sureste de mexicano: Contexto, resultados y lecciones aprendidas. Paper presented in Green Manures and Cover Crops for Smallholder Farmers in the Tropics and Subtropics. April 6-12, Chapecó, Brazil.
- Ayala-Burgos, A. J., P. E. Herrera-Díaz, Castillo-Caamal, J. B. 2003. Rumen degradability and chemical composition of the velvet bean (*Mucuna* spp.) grain and husk. En: M. Eilittä, J., Mureithi, R. Muinga, C. Sandoval y N. Szabo. Increasing *Mucuna*'s Potential as a Food and Feed Crop. Proceedings of an international workshop held September 23-26, 2002, in Mombasa, Kenya. Tropical and Subtropical Agroecosystems 1 (2-3): 71-76.
- Bautista, F., Navarro-Alberto, J., Manu, A., Lozano, R. 2005. Microrelieve y color del suelo como propiedades de diagnóstico en zonas de Karts reciente.
- Buckles, D., Barreto, H. J. 1996. Intensificación de sistemas de agricultura tropical mediante leguminosas de cobertura: Un Marco conceptual. CIMMYT/CIAT. Documento 96-06 Es.
- Caamal-Maldonado, J. A., Jiménez-Osornio, J. J., Torres-Barragán, A., Anaya, A. L. 2001. The use allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. Agronomy Journal. 93:27-36.
- Carsky, R. J., Tarawali, Becker, M., Chikoye, D., Tian, G., Sanginga, N. 1998. Mucuna-Herbaceous Cover Legume With Potential For Multiple Uses. Resource and Crop Management. Research Monograph No. 25. International Institute of Tropical Agriculture.
- Buckles, D., Triomphe, B. 1999. Adoption of mucuna in the farming system of northern Honduras. Agroforestry Systems. 47: 67-91.
- Duch, G. J. 1988. La conformación territorial del estado de Yucatán (Los componentes del medio físico). Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Regional Universitario de la Península de Yucatán. Texcoco, México. 427 p.
- Duke, J. A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York, USA.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Lara, L. P. E., Escobedo, M. J. G. 1991. Efecto de la fertilización fosforada y la densidad de siembra en el rendimiento de frijol terciopelo. Memorias I congreso regional de investigación. SEP-ITA 2. Conkal, Yucatán. p. 55.
- Lobo-Burle, M., Suhet, A. R., Pereira, J., Resk, D.V. S., José, R. R., Cravo, M. S., Bowen, W., Bouldin, D. R., Lathwell, D. J. 1992. Legume Green Manures (Dry-season Survival and the effect on succeeding Maize Crops. Soil Management CRSP Bulletin 92: 4.
- López G., Rivera S. Lozano S., Licona de S., Bolaños J. 1993a. Respuesta del maíz al asocio con Mucuna en Yoro, Honduras, 1992. En: Bolaños J., Saín G., Urbina R. y Barreto H. (eds.). Síntesis de resultados experimentales (1992), Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe. pp. 111-113.
- López, G., Zea, J. L., Fuentes, M., Pérez, J., Gordón, R., Mendoza, C., Bolaños, J. 1993b. Respuesta del maíz a la siembra intercalada con Canavalia a Distintas épocas y Densidades. En: Bolaños J., Saín G., Urbina R. y Barreto H. (eds.). Síntesis de resultados experimentales (1992), Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe. pp. 97-101.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños experimentales (Métodos y elementos de teoría). Editorial Trillas. México, D. F. pp. 756.
- Midmore, D. J. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. Field Crops Research. 34:357-380.
- Okalebo, R., Gathua, K., Woomer, L. 1993. Laboratory methods of soil analysis: a working manual. KARI, SSSEA, TSBF, UNESCO. Nairobi, Kenya.
- Pool, N. L., Hernández, X. E. 1987. Los contenidos de materia orgánica de suelos en áreas bajo el sistema agrícola de roza-tumba-queema: Importancia del muestreo. Terra (1): 81-92.
- SAS (Statistical Analytical System). 1996. SAS/STAT. Software: Changes and Enhancements through Release 6.11. Cary, NC: SAS. Institute, Inc.
- Sanginga, N., Ibewiro, B., Hougandan, P., Vanlauwe, B., Okogum, J. A. 1996. Evaluation of symbiotic properties contribution of mucuna to maize grown in the derived savanna of West Africa. Plant and Soil 179: 119-129.

- Shackel, K., Hall, A. E. 1983. Effect of intercropping on the water relations of sorghum and cowpea. *Field Crops Research*. 8: 381-387.
- Stern, W. R. 1993. Nitrogen fixation and transfer in intercrop system. *Field Crops Research*. 34:335-356.
- Tanaka, A., Yamaguchi, J. 1981. Producción de materia seca, componentes de rendimiento y rendimiento de grano de maíz. Traducción por Kohashi Shibata Josué. Colegio de Postgraduados. Chapingo Estado de México. pp. 124.
- Triomphe, B. L. 1996. Seasonal nitrogen dynamics and long-term changes in soil properties under the mucuna/maize cropping system on the hillsides on northern Honduras. Ph. D. Thesis. Cornell University.
- Vandermeer, J. 1989. *The Ecology Intercropping*. Cambridge University Press. Great Britain.
- Vargas, N. A. A. 2002. Uso de leguminosas en la agricultura de cobertura en lo Chimalapas (Una experiencia educativa del departamento de Agroecología de la Uach). Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller. Serie: Estudios de caso sobre Participación Campesina en generación, Validación y Transferencia de Tecnología. pp. 200.

Submitted July 28, 2009 – Accepted October 14, 2009
Revised received March 23, 2010