

EFFECTO DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS EN LA INCIDENCIA DEL AMACHAMIENTO (*Aphelenchoides besseyi* CHRISTIE) EN FRIJOL

Néstor Felipe Chaves¹*, Carlos Manuel Araya^{**}

Palabras clave: Amachamiento, rotación de cultivos, *Aphelenchoides besseyi* Christie, *Phaseolus vulgaris* L., manejo de enfermedades, nematodo foliar.

Keywords: Amachamiento, crop rotation, *Aphelenchoides besseyi* Christie, *Phaseolus vulgaris* L., disease management, foliar nematode.

Recibido: 29/05/12

Aceptado: 05/09/12

RESUMEN

El efecto de la rotación de cultivos en la incidencia del amachamiento en frijol se evaluó en la región Brunca de Costa Rica durante 2009 y se complementó con una observación de campo en el 2010. La incidencia en 2009 se cuantificó en las etapas de desarrollo vegetativo (V3 o V4), floración (R6) y llenado de vainas (R8) en plantaciones comerciales de frijol provenientes de rotación con arroz, maíz, chile picante, ayote o frijol. En cada plantación se establecieron al azar 4 microparcelas de 10 m², excepto en la secuencia frijol-frijol, donde fueron solo 2; los datos obtenidos se transformaron angularmente y con un ANDEVA se separaron las medias entre rotaciones. La observación de campo del 2010 se llevó a cabo en una finca con 3 parcelas comerciales de frijol en etapa de floración y en suelos previamente sembrados con jengibre, tiquisque y maíz, respectivamente; en cada parcela, se establecieron sistemáticamente 10 puntos de muestreo para cuantificar la incidencia de amachamiento y se utilizó la prueba de Chi-cuadrado para determinar diferencias entre rotaciones. En el 2009, durante la etapa R8 se presentó una incidencia mínima de amachamiento en la rotación chile

ABSTRACT

Effect of crop rotation in the incidence of “amachamiento” (*Aphelenchoides besseyi* Christie) in common bean. The effect of crop rotation on the incidence of common bean “amachamiento” was evaluated in the “Brunca” region in Costa Rica during 2009 complemented by a field observation during 2010. The incidence of “amachamiento” in 2009 was quantified in vegetative (V3 or V4), flowering (R6) and pod-production (R8) plant growth stages, in bean commercial fields rotating with previous rice, corn, hot-pepper, pumpkin or bean. Four micro-plots (10 m²) were established in each field; to score “amachamiento” incidence, data were subjected to angular transformation and statistical means among treatments were separated by ANOVA. The 2010 field observation was developed in a farm growing common beans on soils previously planted with either ginger, taro or corn. In 2009, during the R8 growth stage a minimum incidence was detected in the hot-pepper-bean rotation (4%), intermediate levels in the pumpkin-bean (15%) and rice-bean rotation (29%), and high incidence in both bean-bean (62%) and corn-bean (64%) rotations. In the

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: nfchaves@gmail.com

* Programa de Leguminosas, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica.

** Laboratorio de Fitopatología, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

picante-frijol (4%), niveles intermedios en las rotaciones ayote-frijol (15%) y arroz-frijol (29%) y altas incidencias en las rotaciones frijol-frijol (62%) y maíz-frijol (64%). En la observación de campo del 2010, durante la etapa de floración se presentaron incidencias de 4% en la rotación jengibre-frijol y de 5% en la rotación tiquizque-frijol, que fueron entre 5 y 6 veces menores que la cuantificada en la rotación maíz-frijol (25%). Con base en los resultados obtenidos, el uso de cultivos como chile picante, jengibre, tiquizque y ayote en el ciclo previo a la siembra de frijol, podría contribuir a bajar la incidencia de amachamiento y las pérdidas que ocasiona en ese cultivo.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Rica se cultiva principalmente en las regiones Brunca y Huetar Norte, donde aproximadamente 6500 (J. Hernández. 2009. (INTA) Comunicación personal) productores se dedican a esta actividad (Salazar 2002 y 2003). Es consumido por el 97% de los costarricenses y constituye una fuente importante de proteína vegetal, sobre todo para el estrato de la población con menores ingresos económicos (Salazar 1999, Rodríguez y Dumani 2000, Dumani 2001, Rodríguez 2004).

La producción de frijol en Costa Rica se ha limitado en los últimos años por el aumento en incidencia de la enfermedad conocida como “amachamiento”, causada por el nematodo *Aphelenchoides besseyi* Christie (Chaves 2011). Esta enfermedad se caracteriza por ocasionar lesiones necróticas angulares en las hojas inferiores (Salas y Vargas 1984, Barrantes 2006) y diversos grados de deformación foliar en los estratos superiores, sin mostrar algún tipo de mosaico o variegación (Morales et al. 1999, Araya y Hernández 2006). Además, la planta infectada adquiere una coloración verde oscura, produce una guía anormalmente más larga (Araya y Hernández 2006) y se presenta una notable reducción en la formación

de vainas (71-80%) y en el rendimiento (69-85%) (Chaves 2011, Chaves y Araya 2012).

2010 field observations, during the flowering stage “amachamiento” incidence was 4% in the ginger-bean rotation and 5% in the taro-bean one, significantly lower than in the corn-bean rotation (25%). Based on these results, crop rotations such as hot-pepper, ginger, taro or pumpkin preceding common bean can reduce both “amachamiento” incidence and, consequently, yield losses.

de vainas (71-80%) y en el rendimiento (69-85%) (Chaves 2011, Chaves y Araya 2012).

Los sistemas de siembra de frijol predominantes en la región Huetar Norte son el semi-mecanizado y con espeque, mientras que en la región Brunca predomina la siembra con espeque (Salazar 2003); no obstante, en ninguno de los 2 sistemas se emplean nematocidas u otra medida específica para el manejo del amachamiento. En la región Brunca, este nematodo es responsable de considerables mermas en los rendimientos, mientras que en la región Huetar Norte las pérdidas no son significativas (Chaves y Araya 2012), debido a que la mecanización de los terrenos reduce las poblaciones del nematodo en el suelo (Brmež et al. 2006) e incorpora el rastrojo de cultivos anteriores, factor limitante para *A. besseyi*, que no sobrevive largos períodos en el suelo (Christie 1982, Escuer y Bello 2000). En la región Huetar Norte solo en las siembras realizadas a espeque, usualmente por pequeños productores, se podrían esperar pérdidas similares a las que se presentan en la región Brunca (Chaves y Araya 2012).

Tradicionalmente, los productores de frijol rotan sus campos de cultivo con maíz o arroz como práctica cultural para el manejo de patógenos causantes de enfermedades (Araya

y Hernández 2003). En años recientes, en la región Brunca, algunos productores emplean ayote, tiquizque, jengibre o chile picante como cultivos de rotación previo a la siembra de frijol. Sin embargo, se desconoce el efecto de esta práctica sobre la incidencia del amachamiento.

De los cultivos empleados para rotación en la región Brunca, maíz es hospedante conocido de *A. besseyi* (Barrantes 2006, Barrantes et al. 2006, Arauz 2011); sin embargo, se desconocen los síntomas que el nematodo causa en este cultivo. En arroz causa la enfermedad conocida como punta blanca y provoca pérdidas en rendimiento de hasta el 70% (Fortuner y Orton 1975, Prot 1992, Escuer y Bello 2000). Ayote, tiquizque y jengibre no son hospedantes conocidos de *A. besseyi* (Barrantes 2006 y Fernández et al. 2002) y chile picante no se considera hospedante en Costa Rica (Fernández et al. 2002), a pesar de que Hockland y Eng (1997) indicaron a *Capsicum annuum* L. cv. Longum como hospedante de este nematodo en Malasia.

La rotación de cultivos es eficaz para el manejo de problemas fitosanitarios si los cultivos en la secuencia no son hospedantes de los mismos patógenos, y si éstos a su vez no poseen mecanismos de sobrevivencia a largo plazo en ausencia del hospedante principal (Agrios 2005, Arauz 2011). En el caso específico de nematodos fitoparásitos, la rotación de cultivos es uno de los métodos de combate más efectivos que se recomiendan para reducir las pérdidas debidas a estos patógenos, en especial en los países tropicales

(Nusbaum y Ferris 1973, Noe 1988, Rodríguez y Kokelis 1998). Esta práctica no requiere de alta tecnología o insumos de alto costo, e históricamente ha formado parte de las labores de los productores en muchos sistemas de producción de subsistencia. Pero para lograr la mayor efectividad, se deben optimizar las rotaciones existentes y emplear otras medidas de combate en forma conjunta (Noe 1988, Noe et al. 1991, Rodríguez y Kokelis 1998).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la rotación de cultivos utilizada por el productor de frijol en la región Brunca de Costa Rica sobre la incidencia del amachamiento en sistemas de producción comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la región Brunca de Costa Rica durante el 2009 y se complementó con una observación de campo en el 2010.

El experimento sobre rotaciones se realizó de mayo a julio del 2009 en 5 fincas comerciales con antecedentes de alta incidencia de amachamiento, ubicadas en las comunidades de Veracruz, Pueblo Nuevo y Concepción de Pilas. Cada uno de los cultivos establecidos con anterioridad a la siembra del frijol (octubre a diciembre del 2008), se tomó como un tipo de rotación-tratamiento-distinto, para efectos de esta investigación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipo de rotación (tratamiento) y ubicación de los terrenos donde se desarrolló la investigación. Región Brunca, Costa Rica. 2009.

Rotación	Localidad	Cantón	Provincia	Ubicación	Altitud (m)
Frijol-frijol	Veracruz	Pérez Zeledón	San José	N 09°05', O 83°32'	657
Maíz-frijol	Veracruz	Pérez Zeledón	San José	N 09°05', O 83°32'	657
Ayote-frijol	Veracruz	Pérez Zeledón	San José	N 09°05', O 83°32'	574
Arroz-frijol	Concepción	Buenos Aires	Puntarenas	N 09°06', O 83°29'	734
Chile picante-frijol	Pueblo Nuevo	Buenos Aires	Puntarenas	N 09°07', O 83°28'	839

En cada campo de cultivo con una rotación específica, se establecieron al azar 4 unidades experimentales de 10 m² (2x5 m), 15 días después de la siembra de frijol. Para el caso de la rotación frijol-frijol, solo se contó con 2 unidades experimentales.

Los frijolares donde se establecieron las unidades experimentales habían sido sembrados con el sistema a espeque, en el que se cuenta con 2 o 3 plantas por cada punto de siembra. La incidencia de amachamiento se determinó por puntos de siembra parcela y se evaluó cada 2 semanas, en las etapas de desarrollo vegetativo (V3 o V4), floración (R6) y llenado de vainas (R8).

Los datos de incidencia fueron transformados angularmente (arcsen raíz cuadrada de “y”) por estar expresados en porcentaje y presentar valores de cero en algunos casos (Hoshmand 1994). Luego se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) con el software STATISCA 6.0 (StatSoft, Inc. 1984-2001), para determinar las diferencias estadísticas entre medias de los tratamientos. El experimento fue analizado como un diseño irrestricto al azar y las medias se separaron por la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$).

Para complementar el estudio anterior, durante diciembre del 2010, se llevó a cabo una observación de campo en una finca con antecedentes de alta incidencia de amachamiento, ubicada en Las Delicias de Pejibaye (N 09°06'; O 83°31'; 704 msnm), del cantón de Pérez Zeledón, San José. En esta finca estaban establecidas 3 parcelas de frijol de aproximadamente media hectárea cada una, como rotaciones con

siembras previas de jengibre, tiquizque y maíz, respectivamente.

En cada parcela se evaluó la incidencia de amachamiento en plantas en estado de floración (R6)—estado fenológico que mejor correlaciona con las pérdidas causadas por *A. besseyi* (Chaves 2011, Chaves y Araya 2012). Para ello, se procedió a marcar un segmento de 3 m a lo largo de una hilera en 10 puntos de muestreo para cada parcela. Dichos puntos de muestreo se establecieron sistemáticamente de manera que abarcaran toda la parcela y fueran representativos del área en rotación. A los datos de evaluación se les aplicó la prueba de Chi-cuadrado para determinar diferencias entre rotaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La rotación de cultivos altera las propiedades biológicas, químicas y físicas de los suelos y es uno de los métodos más efectivos para reducir las pérdidas debidas a la infección por nematodos (Agrios 2005, Arauz 2011). Sin embargo, es preciso estudiar los sistemas de producción para optimizar los beneficios que se obtienen con la rotación como medida de combate (Noe 1988, Noe et al. 1991). La presente investigación constituyó un esfuerzo por determinar el efecto de la práctica de rotación de cultivos sobre la incidencia del amachamiento del frijol.

Se observó que durante la etapa de desarrollo vegetativo (V3 o V4) la rotación chile picante-frijol dio como resultado una incidencia de amachamiento significativamente menor que la cuantificada para las rotaciones frijol-frijol, maíz-frijol o arroz-frijol (Cuadro 2) estas 2

Cuadro 2. Incidencia de amachamiento según la rotación de cultivo utilizada y la etapa fenológica del cultivo de frijol. Región Brunca, Costa Rica. 2009.

Rotación	Etapa fenológica*		
	V3 o V4	R6	R8
Chile picante-frijol	0,00 a**	0,00 a	3,66 a
Ayote-frijol	3,98 ab	9,23 b	15,43 ab
Arroz-frijol	9,51 bc	15,91 b	28,73 b
Maíz-frijol	13,17 bc	48,74 c	63,57 c
Frijol-frijol	16,74 c	48,85 c	62,19 c

* V3 o V4: desarrollo vegetativo; R6: floración; R8: llenado de vainas.

** Letras distintas indican diferencias significativas en los datos de cada columna, según la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$).

últimas las que se emplean con mayor frecuencia en la región Brunca. La incidencia de amachamiento tras la rotación ayote-frijol presentó valores intermedios y no difirió estadísticamente de los otros tratamientos, con excepción de la rotación frijol-frijol esta secuencia de cultivos es poco común en la zona.

De las rotaciones estudiadas, los cultivos de maíz, arroz y frijol son hospedantes de *A. besseyi* (Fortuner y Orton 1975, Christie 1982, Prot 1992, Bridge et al. 2005, Barrantes 2006, Barrantes et al. 2006, Arauz 2011), lo que probablemente favoreció la supervivencia del nematodo en residuos de cosecha sobre el suelo. Estos a su vez, fungieron como inóculo primario de amachamiento en el siguiente ciclo de siembra con frijol, debido a lo cual los niveles de incidencia en las primeras semanas del cultivo son reflejo de la cantidad de inóculo residual. Esta situación no se presentó en las rotaciones ayote-frijol y chile picante-frijol, ya que el ayote no es hospedante conocido (Barrantes 2006 y Fernández et al. 2002) y el chile picante no se considera hospedante de *A. besseyi* en Costa Rica (Fernández et al. 2002); a pesar de que en Malasia, Hockland y Eng (1997) indicaron a *Capsicum annuum* L., cv. Longum como hospedante de este nematodo.

Según Barrantes (2006), señala, que el daño causado por *A. besseyi* en frijol está altamente influenciado por el inóculo primario, como epidemiológicamente se desarrollan las enfermedades monocíclicas; pero en condiciones de campo el amachamiento presenta características intermedias entre una monocíclica y una policíclica. Por esta razón, la incidencia de la enfermedad se incrementó proporcionalmente en las etapas posteriores de desarrollo del cultivo (Cuadro 2).

Debido a lo anterior, en la etapa de floración (R6) las diferencias entre rotaciones fueron marcadas: la secuencia chile picante-frijol se diferenció por la virtual ausencia de la enfermedad en la plantación de frijol; un nivel intermedio de amachamiento se presentó en las rotaciones ayote-frijol y arroz-frijol, y la incidencia aumentó en las rotaciones maíz-frijol y frijol-frijol (Cuadro

2). La etapa R6 del cultivo es de mucha importancia epidemiológica, porque es cuando la incidencia de la enfermedad correlaciona mejor con las pérdidas ocasionadas en el cultivo (Chaves 2011).

En las evaluaciones realizadas durante la fase de llenado de vainas (R8), a diferencia de lo observado en las etapas fenológicas anteriores, la rotación chile picante-frijol mostró una incidencia baja de amachamiento, que no fue estadísticamente diferente a la observada en la rotación ayote-frijol (Cuadro 2). En esta fase fenológica la mayor incidencia de amachamiento se presentó en las rotaciones maíz-frijol y frijol-frijol.

Uno de los factores epidemiológicos a considerar cuando se planean rotaciones para reducir la población de nematodos fitoparásitos en el campo, es el mecanismo de supervivencia a largo plazo en ausencia del hospedante (Agrios 2005, Van der Putten et al. 2006, Arauz 2011). *A. besseyi* sobrevive de una época siembra a la siguiente en forma anhidrobiótica en residuos de cultivos susceptibles y en semillas de arroz hasta por 3 años (McGawley et al. 1984, Saeed y Roessner 1984, Prot 1992, Escuer y Bello 2000); además, puede parasitar plantas voluntarias, malezas poáceas y algunas asteráceas como *Melampodium divaricatum* Rich. (Salas y Vargas 1984, Prot 1992, Escuer y Bello 2000, Barrantes 2006).

En la rotación chile picante-frijol, aunado a que el chile picante no se ha indicado como hospedante del nematodo en Costa Rica (Fernández et al. 2002), la plantación se mantuvo libre de malezas, lo que redujo la presencia de residuos vegetales al momento de sembrar y favoreció el establecimiento del frijol en un suelo prácticamente sin rastrojos (Figura 1). Probablemente, esta condición redujo la cantidad de inóculo residual de *A. besseyi*, dado que el nematodo no sobrevive en suelo por largos períodos (Christie 1982, Escuer y Bello 2000), o bien sus poblaciones son sumamente bajas comparadas con las encontradas en rastrojos de cosecha (Barrantes 2006). Por otro lado, el manejo agronómico del cultivo de chile picante implica un uso de agroquímicos intensivo, algunas veces con



Fig. 1. Condición del terreno en una rotación chile picante-frijol. Pueblo Nuevo, Buenos Aires, Costa Rica. 2009.

aplicaciones de nematicidas, lo que podría contribuir a reducir las poblaciones del nematodo. En muchas ocasiones, el productor prepara el suelo antes de sembrar el chile picante, lo que puede incidir en la disminución de las poblaciones de *A. besseyi* por la incorporación de los rastrojos. Al respecto, Brmež et al. (2006) indicaron que las poblaciones del género *Aphelenchoides* decrecen significativamente después de arar el suelo.

Es importante resaltar que contiguo a la parcela donde se ubicaba la rotación chile picante-frijol, se estableció una plantación comercial

de frijol en un campo previamente sembrado con maíz (Figura 2), donde se presentó alta incidencia de amachamiento y se corroboró la efectividad de la rotación con chile picante y la preparación de suelo para aminorar el daño por *A. besseyi* en el cultivo siguiente (frijol).

La rotación ayote-frijol presentó en general una incidencia intermedia de amachamiento (Cuadro 2); lo que pudo deberse probablemente a la gran cantidad de rastrojos de malezas, en su mayoría poáceas, y del cultivo anterior cuando se sembró el frijol (Figura 3). Esta condición favoreció la supervivencia de *A. besseyi*, a pesar de que el ayote no es hospedante del mismo (Barrantes 2006 y Fernández et al. 2002). Por lo tanto, para mejorar la efectividad de esta secuencia, se debe realizar un combate más estricto de malezas poáceas durante el ciclo de ayote, con el fin de reducir la capacidad de sobrevivencia del nematodo en residuos y su posterior diseminación al cultivo de frijol.

La rotación arroz-frijol resultó en una incidencia intermedia de amachamiento en frijol con respecto a las rotaciones maíz-frijol y frijol-frijol, que fueron las de mayor incidencia (Cuadro 2). A pesar de que los 3 cultivos sembrados previamente al frijol son hospedantes conocidos de *A. besseyi* (Christie 1982, Salas y Vargas 1984, Prot 1992, Barrantes 2006, Barrantes et al. 2006, Arauz

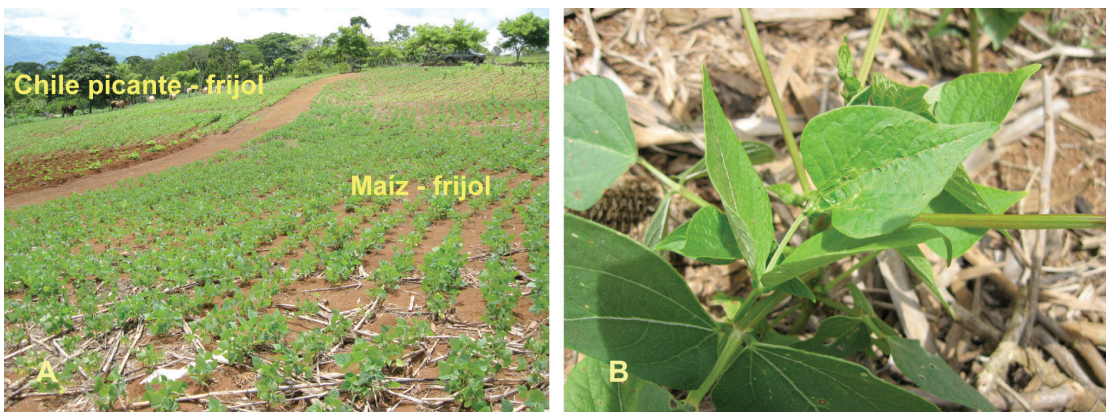


Fig. 2. Plantaciones de frijol contiguas y provenientes de una rotación distinta (A) y plantas con amachamiento presentes en la rotación con maíz (B). Pueblo Nuevo, Buenos Aires, Costa Rica. 2009.



Fig. 3. Cobertura de rastrojos en una rotación ayote-frijol. Veracruz, Pérez Zeledón, Costa Rica. 2009.

2011), la diferencia pudo deberse a la cantidad de nematodos presentes en los rastrojos antes de la siembra (Figuras 4 y 5), que cumple la función de inóculo primario y por lo tanto podría regular el nivel de incidencia de amachamiento en el frijol. Al respecto, Barrantes (2006), encontró en sus investigaciones que en 10 g de follaje de frijol, en promedio, se contabilizaron 350 nematodos, mientras que en la misma cantidad de follaje de arroz, solo se cuantificaron 16 individuos; lo que demuestra que los residuos de frijol son reservorios más efectivos del nematodo. En cuanto a maíz, McSorley y Frederick (1999) encontraron en sus investigaciones que en suelos donde se agregaron rastrojos de maíz como enmienda

orgánica, las poblaciones de nematodos fungívoros, como los del género *Aphelenchoides*, fueron favorecidas con respecto al suelo sin rastrojos.

En cuanto a la observación de campo realizada en 3 parcelas comerciales ubicadas en Las Delicias de Pejibaye, Pérez Zeledón, las rotaciones jengibre-frijol y tiquizque-frijol dieron como resultado durante la etapa de floración, una incidencia de amachamiento de 4 y 5%, respectivamente; mientras que la rotación maíz-frijol alcanzó el 25%, nivel de enfermedad entre 5 y 6 veces mayor que el obtenido en las otras 2 rotaciones. Mediante la prueba de Chi-cuadrado se detectaron diferencias estadísticas entre rotaciones. Debido a que el jengibre y el tiquizque no son hospedantes de *A. besseyi*, y a que la siembra de ambos se realiza en suelo preparado, las poblaciones del nematodo en el terreno probablemente se redujeron considerablemente, en concordancia con lo expresado por Agrios (2005), Brmež et al. (2006) y Arauz (2011).

Otro aspecto importante que se notó durante la observación de campo fue la distribución diferencial de la enfermedad, mientras que en las rotaciones tiquizque-frijol y jengibre-frijol solo se presentaron focos aislados de la enfermedad en la rotación maíz-frijol, las plantas de frijol con amachamiento se encontraban distribuidas al azar en toda el área de cultivo. Este es un aspecto importante de considerar para el manejo de



Fig. 4. Cantidad de rastrojos en una rotación arroz-frijol. Concepción, Buenos Aires, Costa Rica. 2009.



Fig. 5. Cantidad de rastrojos en una rotación maíz-frijol. Veracruz, Pérez Zeledón. 2009.

la enfermedad, ya que la eliminación temprana de focos con plantas enfermas podría ser una medida complementaria para el combate de este patógeno en frijol.

En términos generales se puede afirmar que las rotaciones más empleadas por los productores de frijol en la región Brunca, maíz-frijol y arroz-frijol, favorecen la sobrevivencia del patógeno en campo y la incidencia del amachamiento en frijol. Probablemente esta práctica ha incidido significativamente en el aumento de la incidencia del amachamiento en la zona durante los últimos 20 años. A pesar de esto, en el caso de la rotación maíz-frijol existe un factor de tradición y de manejo agronómico que hace difícil cambiar esa secuencia de cultivos en la región Brunca. Al ubicarse la mayoría de las siembras en terrenos con altas pendientes, se emplea la caña de maíz como cobertura para disminuir efecto de la erosión por lluvia y reducir el salpique, una de las principales medidas de combate cultural para manejar la mustia hilachosa [*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk], otra de las enfermedades limitantes del cultivo (Galvez et al. 1994, Araya y Hernández 2003).

CONCLUSIONES

Debido a la situación señalada y a que los plaguicidas que se podrían emplear con éxito en el combate de *A. besseyi*, como oxamil, son altamente dañinos para el ambiente y tóxicos para el ser humano (Jagdale y Grewal 2002, Yen et al. 2007), el manejo del amachamiento se torna un problema complejo. Por esta razón, para un manejo integrado del amachamiento se deben implementar medidas complementarias como la rotación con cultivos no hospedantes, manejo de malezas y preparación de suelo en los casos en que la pendiente del terreno lo permita.

Los datos obtenidos en el ensayo demuestran que la rotación chile picante-frijol es una opción viable y de interés económico para disminuir la incidencia de amachamiento en la región Brunca y que la rotación ayote-frijol también podría ofrecer resultados positivos. Por otro lado,

la observación de campo permitió determinar que la siembra de jengibre o tiquizque en el ciclo de cultivo previo a frijol, es una opción para reducir la incidencia del amachamiento y manejar de mejor forma las poblaciones del nematodo.

La reducción de las poblaciones de nematodos patógenos de suelo como los de los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, se puede lograr al separar las siembras de frijol cada 2 o 3 años (Abawi y Varón de Agudelo 1994); sin embargo, esta práctica no sería viable en el caso de estudio y en las condiciones Costa Rica. Por el contrario, los resultados de este trabajo demostraron que las rotaciones que reducen la incidencia del amachamiento en frijol se ajustan a la práctica común del agricultor y cumplen con el principio básico de la rotación de cultivos para el manejo de nematodos, que es reducir la población inicial de especies dañinas a niveles que permitan al cultivo susceptible siguiente establecerse y producir aceptablemente (Bridge 1996).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los señores Adalberto Morera, Francisco Vega, Jorge Fernández y Marvin Mora, por ceder sus plantaciones comerciales de frijol para realizar esta investigación.

LITERATURA CITADA

- ABAWI G., VARÓN DE AGUDELO F. 1994. Nematodos, pp. 495-518. In: M. Pastor-Corrales y H. Schwartz (eds.). Problemas de producción de frijol en los trópicos. Segunda edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia.
- AGRIOS G. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, USA. 922 p.
- ARAUZ L. 2011. Fitopatología: un enfoque agroecológico. Segunda edición. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 519 p.
- ARAYA C., HERNÁNDEZ J. 2003. Distribución agroecológica de enfermedades del frijol en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 68:26-33.
- ARAYA C., HERNÁNDEZ J. 2006. Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, Costa Rica. 44 p.

- BARRANTES W. 2006. Epidemiología de la falsa mancha angular (*Aphelenchoides* spp.) en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de maestría en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Protección de Cultivos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 123 p.
- BARRANTES W., ARAYA C., ESQUIVEL A. 2006. Falsa mancha angular del frijol: una enfermedad que avanza en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 78:91-93.
- BRIDGE J. 1996. Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. Annual Review of Phytopathology 34:201-225.
- BRIDGE J., PLOWRIGHT R., PENG D. 2005. Nematode parasites of rice, pp. 87-130. In: M. Luc, R. Sikora and J. Bridge (eds.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Second edition. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- BRMEŽ M., IVEZIC E., RASPUDIC E. 2006. Effect of mechanical disturbances on nematode communities in arable land. Helminthologia 43(2):117-121.
- CHAVES N. 2011. Epidemiología del amachamiento y cuantificación de las pérdidas que ocasiona en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de maestría en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Protección de Cultivos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 167 p.
- CHAVES N., ARAYA C. 2012. Pérdidas causadas por el amachamiento del frijol (*Aphelenchoides besseyi* Christie) y reacción del germoplasma comercial al patógeno. Agronomía Mesoamericana 23(1):1-12.
- CHRISTIE J. 1982. Nematodos de los vegetales: su ecología y control. Editorial Limusa, México. 276 p.
- DUMANI M. 2001. Producción nacional de frijoles: su significado para la salud y el estado nutricional de la población costarricense, pp. 13-16. In: J. Hernández y R. Araya (eds.). V Taller Anual de Resultados de Investigación y Transferencia en Tecnología del PITTA-FRIJOL. Editorial de la Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica.
- ESCUER M., BELLO A. 2000. Nematodos del género *Aphelenchoides* de interés fitopatológico y su distribución en España. Bol. San. Veg. Plagas 26:47-63.
- FERNÁNDEZ O., PERLAZA F., QUESADA A. 2002. Principales nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, Costa Rica. 22 p.
- FORTUNER R., ORTON K. 1975. Review of the literature on *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, the nematode causing "white tip" disease in rice. Helminthological Abstracts—Series B. Plant Nematology 44:1-40.
- GALVEZ G., MORA B., PASTOR-CORRALES M. 1994. Mustia hilachosa, pp. 227-244. In: M. Pastor-Corrales y H. Schwartz (eds.). Problemas de producción de frijol en los trópicos. Segunda edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia.
- HOCKLAND S., ENG L. 1997. *Capsicum annuum* cv. Longum—a new host record for the rice white tip nematode, *Aphelenchoides besseyi*. International Journal of Nematology 7(2):229.
- HOSHMAND R. 1994. Experimental research design and analysis. A practical approach for agricultural and nature sciences. CRC Press, USA. 408 p.
- JAGDALE G., GREWAL P. 2002. Identification of alternatives for the management of foliar nematodes in floriculture. Pest Management Science 58(5):451-458.
- McGAWLEY E., RUSH M., HOLLIS J. 1984. Occurrence of *Aphelenchoides besseyi* in Louisiana rice seed and its interaction with *Sclerotium oryzae* in selected cultivars. Journal of Nematology 16(1):65-68.
- McSORLEY R., FREDERICK J. 1999. Nematode population fluctuations during decomposition of specific organic amendments. Journal of Nematology 31(1):37-44.
- MORALES F., ARAYA C., HERNÁNDEZ J., ARROYAVE J., CUERVO M., VELASCO A., CASTAÑO M. 1999. Etiología del "amachamiento" del frijol común en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas 52:42-48.
- NOE J. 1988. Theory and practice of the cropping systems approach to reducing nematode problems in the tropics. Journal of Nematology 20(2):204-213.
- NOE J., NASSERE J., IMBRIANI J. 1991. Maximizing the potential of cropping systems for nematode management. Journal of Nematology 23(3):353-361.
- NUSBAUM C., FERRIS H. 1973. The role of cropping systems in nematode population management. Annual Review of Phytopathology 11:423-440.
- PROT J. 1992. Diseases caused by nematodes. White tip, pp. 46-47. In: R. Webster and P. Gunnell (eds.). Compendium of rice diseases. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- RODRÍGUEZ L. 2004. El proyecto "Campana educativa para incrementar el consumo de frijoles". Agronomía Mesoamericana 15(3):245-261.
- RODRÍGUEZ L., DUMANI M. 2000. Campana educativa con respecto al consumo de frijoles, pp. 35-41. In: R. Araya (ed.). IV Taller Anual de Resultados de Investigación y Transferencia en Tecnología del PITTA-FRIJOL. Costa Rica.
- RODRÍGUEZ R., KOKELIS N. 1998. Chemical and biological control, pp. 397-418. In: R. Hillocks and J. Waller (eds.). Soilborne diseases of tropical crops. CAB International, Cambridge, UK.
- SAEED M., ROESSNER J. 1984. Ahnhydriobiosis in five species of plant associated nematodes. Journal of Nematology 16(2):119-124.
- SALAS L., VARGAS E. 1984. El nematodo foliar *Aphelenchoides besseyi* Christie (Nematodo: Aphelenchoididae) como causante de la falsa

- mancha angular del frijol en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 8(1):65-68.
- SALAZAR J. 1999. Situación actual y perspectivas de la producción de frijol en Costa Rica. In III Taller Anual de Resultados de Investigación y Transferencia en Tecnología del PITTA-FRIJOL. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 11-18.
- SALAZAR J. 2002. La actividad de frijol en Costa Rica en el ciclo 2001-2002, pp. 7-15. In: R. Araya (ed.). VI Taller Anual de Resultados de Investigación y Transferencia en Tecnología del PITTA-FRIJOL. 2002. SIEDIN, San José, Costa Rica.
- SALAZAR J. 2003. Perfil de la actividad de frijol en Costa Rica, pp. 1-6. In: R. Araya, C. Araya y J. Hernández (eds.). VII Taller Anual de Resultados de Investigación y Transferencia en Tecnología del PITTA-FRIJOL. Santo Domingo, Costa Rica.
- VAN DER PUTTEN W., COOK R., COSTA S., DAVIES K., FARGETTE M., FREITAS H., HOL W., KERRY B., MAHER N., MATEILLE T., MOENS M., DE LA PEÑA E., PISKIEWICKZ A., RAEYMAEKEERS A., RODRÍGUEZ S., VAN DER WURFF A. 2006. Nematode interactions in nature: models for sustainable control of nematode pests of crop plants. *Advances in Agronomy* 89:227-260.
- YEN Y., YEH M., HSIAO W. 2007. Synthesis and nematocidal activity of ascaridole derivatives against *Meloidogyne incognita* and *Aphelenchoides besseyi*. *Journal of Pesticide Science* 32(1):49-52.