

Síntomas del amachamiento del frijol común

Symptoms of common bean “amachamiento”

Rubén Calderón-Cerdas¹, Carlos Manuel Araya-Fernández²

Fecha de recepción: 24 de junio de 2021

Fecha de aprobación: 6 de setiembre de 2021

Calderón-Cerdas, R; Araya-Fernández, C.M. Síntomas del amachamiento del frijol común. *Tecnología en Marcha*. Vol. 35-3. Julio-Setiembre 2022. Pág. 158-166.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v35i3.5716>

1 Escuela de Agronegocios. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: racalderon@itcr.ac.cr.

 <https://orcid.org/0000-0002-2791-0106>

2 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica. Correo electrónico: carlosmanuel.araya@gmail.com

Palabras clave

Falsa mancha angular; nematodo foliar; *Aphelenchoides besseyi*; *Phaseolus vulgaris*.

Resumen

El amachamiento del frijol es provocado por el nematodo foliar *Aphelenchoides besseyi* Christie. Esta enfermedad puede ser reconocida a través de los síntomas de necrosis angular, deformación foliar, senectud tardía y ausencia de vainas. Inicialmente, se le denominó “falsa mancha angular” a los síntomas de necrosis angular. Además, de manera errónea, la deformación foliar fue diagnosticada como un ataque viral. Ante tal ambigüedad, este trabajo establece y describe los síntomas del amachamiento del frijol común. Con base en la literatura, trabajo de campo y experiencia de los productores de frijol, se analizó el tejido de frijol para describir los síntomas del amachamiento. Entre 2014 y 2015, se visitaron 24 fincas ubicadas dentro del territorio de Costa Rica (Provincias de San José y Puntarenas), de cada finca se colectó material vegetal. La deformación foliar es el síntoma predominante, presente en el 83% de las plantas; mientras que la necrosis angular en el 45% de las plantas con amachamiento. La disminución en la cantidad de vainas fue del 46% con respecto a plantas sanas. Por su parte, las plantas con amachamiento senescieron de manera tardía, se cuantificó que las plantas con amachamiento tuvieron en contenido relativo de clorofila mayor (54 SPAD) que plantas sanas (37 SPAD). A través del reconocimiento de los síntomas del amachamiento del frijol, es posible realizar un diagnóstico acertado de la enfermedad.

Keywords

False angular leaf spot; leaf nematode; *Aphelenchoides besseyi*; *Phaseolus vulgaris*.

Abstract

The “amachamiento” of the common bean is caused by the leaf nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie. The disease can be recognized through the symptoms of angular necrotic tissue, foliar deformation, late senescence and pods absence. Initially, the symptoms of angular necrosis were called false angular spot. In addition, incorrectly the leaf deformation was diagnosed as a viral disease. This work establishes and describes the symptoms of “amachamiento”. Based on the literature, field observations and experience of the bean growers, the bean tissue was analyzed to describe the symptoms. In 2014 and 2015, twenty-four Costa Rican farms were visited (San José and Puntarenas provinces); plant material was collected from each farm. Leaf deformation is the predominant symptom, present in 83% of plants; whereas the angular necrosis in 45% of the plants with “amachamiento”. The pods number decline was 46% compared to healthy plants. The late senescence was evident in diseased plants, that plants had higher relative chlorophyll content (54 SPAD). The healthy plants had a low chlorophyll content (37 SPAD). Through the recognition of the symptoms of “amachamiento”, it is possible to have an accurate diagnosis of the disease.

Introducción

El frijol común aporta 15% de las calorías consumidas por la población a nivel mundial [1]. En 2017, en Costa Rica se dedicaron 17900 ha para la siembra del frijol [2]. Las principales zonas de producción son las regiones Brunca, Huetar Norte y Chorotega [3]; el consumo *per capita* de frijol es de 9,1 kg en la zona urbana.

El amachamiento del frijol es una enfermedad provocada por el nematodo foliar *Aphelenchoides besseyi* Christie (Aphelenchoididae: Nematoda) [4]. Esta enfermedad fue reportada por primera vez en 1984 [5], en dicho estudio se describió las lesiones necróticas en las hojas de frijol. Esos

autores lograron aislar al nematodo foliar *Aphelenchoides besseyi* Christie. En dicho reporte, se describieron manchas necróticas en forma angular delimitadas por las nervaduras de las hojas. A dicho síntoma le denominaron falsa mancha angular; esto debido a la similitud con los síntomas de la mancha angular. La mancha angular es causada por el hongo *Phaeosariopsis griseola* [6].

A principio de los años noventa, en Costa Rica apareció una enfermedad en frijol caracterizada por la deformación de la lámina foliar y la ausencia de vainas. Para entonces, la enfermedad fue diagnosticada de origen viral, específicamente del virus del moteado clorótico del caupí (CCMV) [7]. Posteriormente, con base en un muestreo de campo y el análisis mediante la técnica DAS-ELISA, determinaron que el 57% del total de muestras, resultaron negativas para el CCMV y otros virus de frijol, esta cifra fue insuficiente para diagnosticar al virus como el agente causal del amachamiento.

El nematodo *A. besseyi* fue reportado como el agente causal del amachamiento [4]. Además, esos investigadores agruparon la deformación foliar y la necrosis angular como síntomas de esta enfermedad. También se asoció la ausencia de flores y la consecuente disminución en la cantidad de vainas [8], como un daño directo del hábito alimentario de *A. besseyi*. Calderón (2018) encontró que la disminución de vainas provocada por el amachamiento fue del 64% en plantaciones de frijol de la región Brunca. Además, reportó plantas sin vainas.

El amachamiento tiene una distribución en parches [9]. Al final del ciclo de cultivo, estos parches de plantas senescen de manera tardía. Las plantas con amachamiento no producen vainas y esto cambia la relación fuente sumidero. Las hojas no translocan los asimilados y por ello permanecen con un mayor contenido de clorofila [10].

Distintos informes científicos han descrito de manera aislada los síntomas del amachamiento [5], [9], [11] y [15], sin existir un documento que los describa a todos. Aunado a lo anterior, existió durante algún tiempo un diagnóstico errado, lo que genera ambigüedad en la información. Por ello, el objetivo de esta nota es definir y describir cada uno de los síntomas que provoca la infestación del nematodo foliar *A. besseyi* en plantas de frijol común

Materiales y métodos

Se definieron y caracterizaron los cuatro síntomas del amachamiento. La determinación de los síntomas se basó en las observaciones y descripciones realizada por tres investigaciones en amachamiento del frijol [4], [9] y [11], la experiencia de los productores de frijol, y el análisis de los tejidos de plantas de frijol muestreadas en campos afectados. Se visitaron 24 fincas productoras de la región Brunca, específicamente de los poblados de El Águila (9,1240 -83,5304 N, O), Veracruz (9,1240 -83,5304 N, O) y Chánguena (8,8859 -83,2095 N, O). Las fincas fueron visitadas durante los años 2014 y 2015. Se tomaron muestras de tejido foliar, floral y de vainas para corroborar la presencia del nematodo.

Identidad del nematodo

Los nematodos fueron aislados a partir de lesiones típicas del amachamiento. En total se tomaron 24 hojas con síntomas de necrosis y 24 con deformación foliar. En laboratorio, se tomaron dos gramos de tejido foliar y se picaron en trozos de 4 mm². Estos se colocaron en beakers con 10 ml de agua. Luego de dos horas, los nematodos salieron de las hojas y quedaron suspendidos en el agua. La solución fue tamizada con una criba de 100 mesh y otra de 500, así se recuperó a los nematodos y se descartó el tejido foliar. Se tomaron seis nematodos de cada muestra y fueron colocados en un tubo plástico con 12 µl de solución tamponadora DreamTaq. El ARN fue extraído con proteinasa-K y posteriormente, se analizaron mediante la técnica Polymeric

Chain Reaction (PCR); se utilizó la region cromosómica comprendida entre D2A y D3B, la cual permite la identificación de nematodos a nivel de especie. Finalmente, el producto de la PCR se amplificó en gel de agarosa.

Progreso en la aparición de los síntomas

En 2015, se inoculó 63 plantas de frijol variedad Cabécar 21 días después de la siembra. El inóculo consistió de una solución con nematodos identificados como *A. besseyi*. Semanalmente, se registró la aparición de necrosis y deformación foliar. Además, se cuantificó la cantidad de las vainas por plantas. Todo ello, fue contrastado con el tratamiento de plantas no inoculadas. Las evaluaciones se realizaron hasta la cosecha de las plantas.

Las plantas fueron sembradas en macetas bajo un ambiente controlado, específicamente una casa de mallas con un sistema de nebulización que realizó microaspersiones durante 10 minutos por cada hora. El ensayo fue repetido en el tiempo dos veces, con siembras en julio del 2015 y en enero del 2016.

Senectud tardía

La senectud tardía de las plantas de frijol fue reportada como un síntoma del amachamiento. La senectud fue cuantificada a través del contenido relativo de la clorofila de las hojas, para lo cual se utilizó un clorofilómetro Konika-Minolta, modelo 502. Este equipo determina la cantidad de clorofila a través de la transmisión de la luz de dos distintas longitudes de onda emitidas por el equipo. Se evaluó en hojas de plantas sanas y enfermas con la misma edad cronológica. Los tratamientos fueron plantas enfermas con síntomas de necrosis, con deformación foliar y plantas sanas. Por tanto, se evaluaron 30 hojas de plantas sanas, 30 con síntomas de necrosis y 30 con la deformación foliar. Se evaluó la hoja joven completamente expandida a los 60 y 75 días después de la siembra. Los resultados fueron analizados mediante una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de White para conocer la homocedasticidad de los datos. Posterior a ello, se realizó el análisis de la varianza, y luego los datos fueron sometidos a una prueba de separación de Tukey (95% de confiabilidad).

Resultados y discusión

El amachamiento del frijol se caracteriza por presentar cuatro síntomas: necrosis foliar (figura 1a), deformación foliar (figura 1b), la ausencia parcial o total de vainas (figura 1c) y la senectud tardía (figura 1d). A partir de las observaciones de campo y la experiencia de productores, se determinó que no siempre se presentan los síntomas de manera simultánea.



Figura 1. Síntomas del amachamiento en plantas de frijol. Necrosis foliar angular (a), deformación foliar (b), ausencia de vainas (c) y senectud tardía de las plantas (d). Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit, Alajuela Costa Rica. 2015 y Pérez Zeledón, Costa Rica. 2016

Necrosis

Las lesiones necróticas se caracterizan por su forma angular; estas aparecieron en el 45% de las plantas con amachamiento. Las lesiones necróticas generalmente coalescen cerca del peciolo de la hoja [12], debido a que luego de un evento lluvioso o del rocío nocturno, en este sitio de la planta se mantiene una película de agua que es aprovechada por el nematodo para reproducirse, movilizarse e infectar [11]. Estas lesiones no presentan un halo clorótico y raramente la necrosis sobrepasa el 20% del área de la lámina foliar (figura 1a). En especial, este síntoma de necrosis suele confundirse con la enfermedad conocida como mancha angular, la cual es causada por el hongo *P. griseola*. Sin embargo, el hongo produce conidióforos de color gris en el envés de las hojas [13]; esos conidióforos miden 0,7 mm de longitud y es el signo que permite diferenciar entre ambas enfermedades.

Las lesiones necróticas se caracterizan por ser de forma angular, ya que el nematodo ingresa al mesófilo de las plantas; sin embargo, es incapaz de atravesar las venas [14]. Las lesiones necróticas generalmente coalescen cerca del peciolo de la hoja (figura 2), pues es allí donde, luego de un evento lluvioso, se mantiene una película de agua que es aprovechada por el nematodo para movilizarse e infectar [15]



Figura 2. Hojas de frijol común con síntoma de necrosis foliar. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit, Alauela Costa Rica. 2015.

Deformación foliar

Esta alteración foliar se debe a la deformación de las nervaduras central y secundarias de cada hoja (figura 3a) El tejido intervenal no parece estar alterado, sin embargo, las nervaduras parecen acortarse (figura 3b). Este síntoma suele aparecer en etapas de desarrollo posteriores a la antesis. Generalmente, aparecen en etapas de formación y llenado de vainas. Es el síntoma más evidente y frecuente. Dicho síntoma se presentó en el 76% de las plantas con amachamiento.

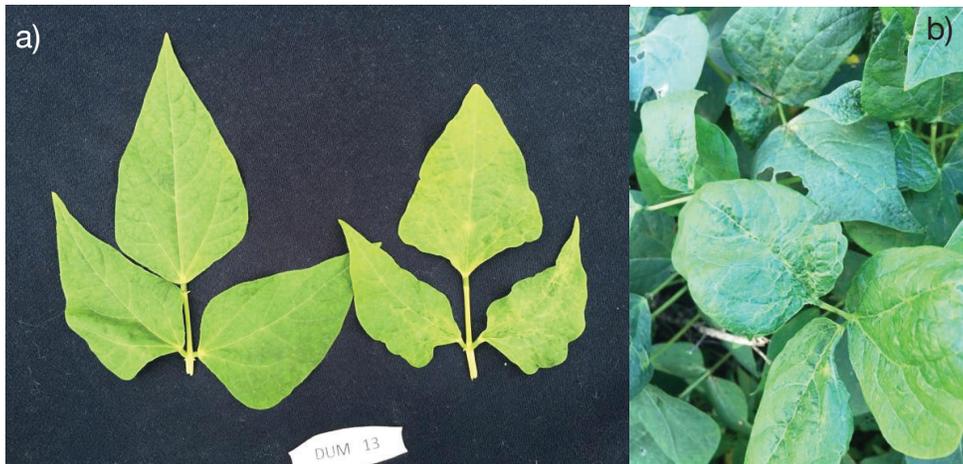


Figura 3. Síntoma de la deformación foliar del amachamiento en plantas de frijol. (a) trifolio sano y con amachamiento, (b) síntomas de deformación foliar. Pérez Zeledón, Costa Rica. 2016.

Ausencia de vainas

La cantidad de vainas por planta es el único componente de rendimiento que se afecta por causa del amachamiento [8], lo que afecta directamente la productividad del frijol. De acuerdo con los resultados encontrados en el ensayo, la cantidad de vainas por cada planta siempre fue menor en plantas infectadas con amachamiento. La variedad Cabécar pasó en promedio de 12,4 vainas en plantas sanas a 7,7 en plantas infectadas, lo que significó una disminución del 43% del número de vainas (figura 4).



Figura 4. Ausencia parcial de vainas en planta de frijol con amachamiento. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit, Alajuela, Costa Rica. 2015.

Senectud tardía

La senescencia tardía de las plantas es otro síntoma del amachamiento [9]. Las plantas con amachamiento producen pocas vainas, por lo que la relación fuente-sumidero varía con respecto a plantas sanas. En plantas con amachamiento, carentes de vainas, los compuestos de nitrógeno y otros elementos esenciales no se translocan desde las hojas hacia las vainas para ser almacenados en los granos, por lo que la planta se mantiene verde y vigorosa y alarga

su ciclo de vida [16]. Normalmente, la senectud comienza cuando las semillas del frijol alcanzan la maduración fisiológica [17]. Para esta etapa de desarrollo, las plantas empiezan a senescer ya que trasladan los compuestos hacia los granos [18].

La senectud de las plantas se debe, en parte, a la degradación y reciclaje de la clorofila. El índice de clorofila de una planta sana de frijol, durante la etapa V7, rondó las 35 unidades Spad (figura 5), mientras que las plantas con deformación foliar se mantuvieron con la coloración verde de sus hojas (54 Spad), puesto que el nitrógeno no es redirigido significativamente hacia ninguna otra parte de la planta [10].

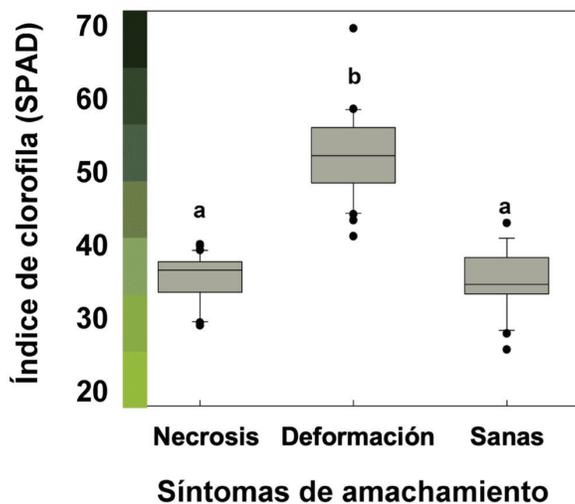


Figura 5. Índice de clorofila, con escala visual de tonos de verde de plantas con necrosis angular, deformación foliar y tejido foliar de plantas sanas (n=30). Pérez Zeledón, Costa Rica. 2016.

En general, las plantas con síntomas de deformación foliar suelen presentar poca cantidad de vainas, es por ello, que se mantienen verdes por más tiempo (52 Spad). Las plantas que únicamente presentaron síntomas de manchas necróticas presentaron menor cantidad relativa de clorofila (37 Spad) (figura 5). Las lesiones necróticas se concentraron en las hojas bajas. Posiblemente algún factor ambiental no le permitió al nematodo continuar hacia estratos superiores de la planta, por tanto, la planta sí produjo vainas y hubo senescencia. En estas plantas el nitrógeno pudo ser translocado hacia las hojas nuevas y hacia la formación y llenado de los granos. Cabe destacar que el nitrógeno es un elemento móvil y la planta lo redirige hacia órganos sumideros [16].

Con base en los resultados obtenidos, la cantidad de vainas por planta siempre fue menor en plantas infectadas por el amachamiento. Entre los síntomas de deformación y de necrosis, la deformación fue el más común; 82% de las plantas con amachamiento presentó deformación foliar, mientras que el 38% presentaron la necrosis foliar. Además, la cantidad de vainas por planta y la senectud tardía mostraron una leve relación inversa ($R^2 = 0,54$; $r = 0,398$), pues a menor cantidad de vainas, mayor fue el contenido de clorofila en las hojas.

La reducción en la productividad debido al amachamiento, alcanza valores de hasta 75% [12] pues las plantas no forman flores ni vainas. Las plantaciones de la región Brunca son la más afectadas; allí las estrategias de manejo de la enfermedad, tales como la preparación del terreno y rotación de cultivos, son difíciles de realizar [19]. Ese mismo autor demostró que el nematodo provoca daño en los primordios florales y foliares, y posteriormente las hojas se deforman y necrosan.

Actualmente, la rotación de cultivos y la labranza han sido las únicas medidas que han logrado disminuir el inóculo [19]. Por ello, el reconocimiento de los síntomas permite no confundir esta enfermedad con otra. Además de brindar la posibilidad de decidir acerca de la rotación o labranza en los terrenos.

El amachamiento del frijol común presenta cuatro síntomas. Estos síntomas son la deformación foliar, la necrosis angular, la ausencia total o parcial de vainas y la senectud tardía de las plantas. El reconocimiento de estos permite a los productores y técnicos realizar un diagnóstico acertado y tomar las medidas necesarias para el próximo ciclo de siembra.

Referencias

- [1] P. B. Geil y J. W. Anderson, "Nutrition and health implications of dry beans: a review", *J. Am. Coll. Nutr.*, vol. 13, n° 6, pp. 549–558, dic. 1994.
- [2] FAOSTAT, "Crop production". 2019.
- [3] Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, "Boletín Estadístico Agropecuario N° 24". 2014.
- [4] N. Chaves, E. Cervantes, I. Zabalgoageazcoa, y C. Araya, "*Aphelenchoides besseyi* Christie (Nematoda: Aphelenchoididae), agente causal del amachamiento del frijol común", *Trop. Plant Pathol.*, vol. 38, n° 3, pp. 243–252, 2013.
- [5] L. Salas y E. Vargas, "El nematodo foliar *Aphelenchoides besseyi* Christie (Nematoda: Aphelenchoididae) como causante de la falsa mancha angular del frijol en Costa Rica", *Agron. Costarric.*, vol. 8, n° 1, pp. 65–68, 1984.
- [6] P. W. Crous, M. M. Liebenberg, U. Braun, y J. Z. Groenewald, "Re-evaluating the taxonomic status of *Phaeoisariopsis griseola*, the causal agent of angular leaf spot of bean", *Stud. Mycol.*, vol. 55, pp. 163–173, may 2006, doi: 10.3114/sim.55.1.163.
- [7] F. Morales *et al.*, "Etiología del amachamiento del frijol común en Costa Rica", *Manejo Integrado Plagas Agroecol.*, vol. 52, n° 1, pp. 42–48, 1999.
- [8] N. Chaves y C. Araya, "Efecto de la rotación de cultivos en la incidencia del amachamiento (*Aphelenchoides besseyi* Christie) en frijol.", *Agron. Costarric.*, vol. 36, n° 2, pp. 61–70, 2012.
- [9] N. Chaves y C. M. Araya, "Distribución espacial del amachamiento del frijol (*Aphelenchoides besseyi* Christie) en campo.", *Agron. Mesoam.*, vol. 25, n° 1, p. 13, abr. 2014, doi: 10.15517/am.v25i1.14186.
- [10] L. Taiz, E. Zeiger, I. M. Møller, y A. Murphy, Eds., *Plant physiology and development*, Sixth edition. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers, 2015.
- [11] R. Calderón, "Identificación genética y distribución geográfica de *Aphelenchoides* spp., agente causal del amachamiento en frijol y la búsqueda de fuentes de resistencia genética", Maestría académica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2018.
- [12] W. Barrantes y C. Araya, "Reacción de variedades de frijol a la inoculación artificial de *Aphelenchoides besseyi*, agente causal de la falsa mancha angular", *Agron. Mesoam.*, vol. 19, n° 1, pp. 19–26, 2008.
- [13] G. S. Mahuku, C. Jara, J. B. Cuasquer, y G. Castellanos, "Genetic variability within *Phaeoisariopsis griseola* from Central America and its implications for resistance breeding of common bean", *Plant Pathol.*, vol. 51, n° 5, pp. 594–604, oct. 2002, doi: 10.1046/j.1365-3059.2002.00742.x.
- [14] V. Chizhov, O. Chumakova, S. Subbotin, y J. Baldwin, "Morphological and molecular characterization of foliar nematodes of the genus *Aphelenchoides*: *A. fragariae* and *A. ritzemabosi* (Nematoda: Aphelenchoididae) from Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow.", *Russ. J. Nematol.*, vol. 14, n° 2, pp. 179–184, 2006.
- [15] C. Araya y J. C. Hernández, *Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica*. 2006.
- [16] P. Marschner, *Marschner's mineral nutrition of higher plants (Mineral nutrition of higher plants)*. Academic Press, 2012.
- [17] S. Schiltz, "Dynamics of exogenous nitrogen partitioning and nitrogen remobilization from vegetative organs in pea revealed by ¹⁵N in vivo labeling throughout seed filling", *Plant Physiol.*, vol. 137, n° 4, pp. 1463–1473, abr. 2005, doi: 10.1104/pp.104.056713.

- [18] D. R. Cooper, D. G. Hill-Cottingham, y C. P. Lloyd-Jones, "Absorption and re-distribution of nitrogen during growth and development of field bean, *Vicia faba*", *Physiol. Plant.*, vol. 38, nº 4, pp. 313–318, dic. 1976, doi: 10.1111/j.1399-3054.1976.tb04011.x.
- [19] N. Chaves y C. Araya, "Pérdidas causadas por el amachamiento del frijol (*Aphelenchoides besseyi* Christie) y la reacción del germoplasma comercial al patógeno", *Agron. Mesoam.*, vol. 23, nº 1, pp. 1–12, 2012.