

INTERACCIONES ENTRE LARVAS DE *Phyllophaga vetula* (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) Y MICORRIZAS DE MAÍZ

Guadalupe Zitlalpopoca-Hernández¹, Miguel Bernardo Nájera-Rincón², Ek del Val-de Gortari³, Alejandro Alarcón⁴, Trevor Jackson⁵ y John Larsen¹. ¹Laboratorio de Agroecología, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Morelia, Michoacán. ²Campo Experimental Uruapan (INIFAP) Av. Latinoamericana 1101 Col. Revolución, Uruapan, Michoacán, C.P. 60150. ³Laboratorio de Ecología de interacciones bióticas en hábitats fragmentados y restauración ecológica, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Morelia, Michoacán. ⁵AgResearch Ltd. Lincoln Research Centre, Private Bag 4749, Christchurch 8140, New Zealand. ¹zitlalh@live.com.mx, ²minaj47@hotmail.com, ³ekdelval@cieco.unam.mx, ⁴alexala@colpos.mx, ⁵jlarsen@cieco.unam.mx.

RESUMEN: Las interacciones entre larvas de *Phyllophaga vetula* y las poblaciones nativas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) fueron evaluados en macetas con maíz en invernadero. El experimento tuvo un diseño factorial con dos factores: 1) Suelo (estéril y no estéril) y 2) *P. vetula* (sin y con). Cada uno de los cuatro tratamientos tuvo 8 repeticiones. Los resultados mostraron que: 1) La herbivoría de las raíces por *P. vetula* disminuyó el desarrollo vegetal del maíz, 2) El crecimiento de *P. vetula* fue similar en suelo estéril y no estéril, 3) La herbivoría redujo en 20% la colonización de las raíces por HMA y 4) La colonización de HMA y el aumento de biomasa de *P. vetula* tuvieron una correlación negativa. En conclusión, los resultados de este experimento sugieren que la herbivoría de las raíces por *P. vetula* no sólo redujo la biomasa de las raíces del maíz, sino también redujo la colonización de las raíces con HMA.

Palabras clave: *Phyllophaga*, micorriza, maíz, interacciones, control biológico

Interactions between *Phyllophaga vetula* larvae (Coleoptera: Melolonthidae) and maize mycorrhiza

ABSTRACT: Interactions between larvae of the root feeding insect *Phyllophaga vetula* and native populations of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) were examined in a greenhouse pot experiment with maize. The experiment had a factorial design with two main factors: 1) Soil (with and without disinfection) and 2) *Phyllophaga vetula* (with and without). Each of the 4 treatments had 8 replicates. The results showed that: 1) Root herbivory by *P. vetula* decreased plant growth development, 2) Growth of *P. vetula* was unaffected by soil disinfection, 3) Root herbivory decreased AMF root colonization by 20 %, 4) AMF root colonization and growth of *P. vetula* were negatively correlated. In conclusion the results from the present experiment suggest that root herbivory by *P. vetula* in maize not only damage root development, but also reduce AMF root colonization.

Key words: *Phyllophaga*, mycorrhiza, maize, interactions, biological control.

Introducción

El complejo gallina ciega ocasiona un daño importante en los cultivos, afectando del 15 al 20% de la producción (Rodríguez del Bosque, 1988; López-Olguín y Aragón, 1989; Villalobos, 1999). Dentro de este complejo, el género *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) está ampliamente estudiado debido a su abundancia, diversidad, amplia distribución y porque perjudica de manera importante a las plantas de maíz.

Las larvas de *Phyllophaga* tienen hábitos subterráneos y pueden ocasionar daños en forma de parches, alimentándose de las raíces de las plantas, provocando marchitamiento, clorosis y hasta la muerte de la planta (Hidalgo, 2001).

El control biológico, entendido como el uso de enemigos naturales específicos de las plagas, es una estrategia para mantener controladas las poblaciones y disminuir los daños ocasionados por éstas (Hajek, 2004). En la rizósfera existe una gran variedad de microorganismos, algunos de los cuales pueden ser enemigos naturales de *Phyllophaga* (e.g. hongos entomopatógenos) (Roy y Pell, 2010), así como también existen microorganismos que favorecen la nutrición y salud de la planta (e.g hongos micorrízicos arbusculares) (Smith y Read, 2008).

El estudio sobre las interacciones de las plantas con sus organismos asociados, contribuye al diseño y aplicación de estrategias de control biológico (Jaques, 1983; Fuxa, 1987; Roy y Pell, 2000), que además minimizan el uso de agroquímicos, disminuyendo así, los efectos adversos en el ambiente y en la salud (Dessaux *et al.*, 2009; Lambers *et al.*, 2009).

Sin embargo, los estudios se limitan generalmente a las relaciones de herbívoros de la parte aérea de la planta y aún constituye una caja negra las interacciones de los organismos edáficos con las plantas.

Materiales y Método

Se realizó un experimento con macetas en invernadero bajo un diseño experimental factorial al azar con 2 factores: Factor 1 (*P. vetula*: sin y con) y factor 2 (Suelo: estéril y no estéril), con 8 repeticiones por cada tratamiento obteniendo en total 32 unidades experimentales.

Durante la temporada de lluvias se colectaron larvas de *P. vetula* en cultivos de maíz en el ejido Cantabria, ubicado en el municipio de Zacapu, Michoacán. Las larvas fueron almacenadas en contenedores individuales con turba y alimentadas con zanahoria hasta su uso. La identificación se realizó con base en las claves dicotómicas de Richter (1966), Morón (1983) y Aragón y Morón (2004).

Se sembró la variedad de maíz híbrido DK-2042 en macetas de 1 L, con sustrato estéril (autoclavado) y no-estéril. El sustrato consistió en una mezcla de arena de río y suelo arcilloso extraído del campo de maíz del Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO) de la Universidad Autónoma de Chapingo en proporción 1:1 p/p. Antes de la siembra se aplicaron fertilizantes minerales al sustrato de manera básica, con excepción de fósforo. Dos semanas después de la siembra se empezó la aplicación semanal de 30 mg de N como NH_4NO_3 por maceta, con un total de 150 mg de N para cada una. Las macetas se mantuvieron con un riego diario al 80% de la capacidad de campo dentro de un invernadero. A las tres semanas después de la germinación de las plántulas se colocó una larva de tercer estadio de *P. vetula* por maceta y permanecieron durante cuatro semanas, tiempo tras el cual se realizó la cosecha.

Las variables medidas fueron: peso seco de la parte aérea y radicular de la planta, porcentaje de colonización de raíces con HMA y desempeño de la larva (biomasa). Los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza de dos vías con el programa estadístico StatGraphics Centurion XV.II.

Resultados y Discusión

La figura 1 muestra el peso seco de la parte radicular (PSPR) y aérea (PSPA) para cada tratamiento, el peso seco total y el coeficiente alométrico raíz/parte aérea. El cuadro 1 muestra los valores de *P* de los factores *P. vetula* y suelo, y sus interacciones.

En la figura 1a se observa que el PSPR de las plantas que crecieron en suelo estéril fue mayor que aquellas que crecieron en suelo no estéril ($p \leq 0.05$) (Cuadro 1), que puede estar relacionado a que el proceso de esterilización genera una mayor disponibilidad de nutrientes, tales como fósforo y nitrógeno (Cawse, 1967; Bowen y Cawse, 1964). Al mismo tiempo, el proceso de desinfección elimina

microorganismos que pueden ser benéficos para la planta, por lo que ésta debe desarrollar estrategias para acceder a los nutrientes del suelo y por tanto, se espera la expansión de la raíces (Dupuy *et al.*, 2010). También pueden observarse los efectos de herbivoría de *P. vetula* en los tratamientos con suelo estéril, sin embargo dichas diferencias no son estadísticamente significativas.

Para el PSPA no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 1), aunque la herbivoría de *P. vetula* si marca una diferencia en el peso seco del follaje, tanto en suelo estéril, como en no estéril (Figura 1b).

En la figura 1c se presenta el efecto de *P. vetula* y condición del suelo sobre el peso seco total de plantas (PST). El comportamiento de los tratamientos es semejante al PSPR.

En la figura 1d se puede observar que en el tratamiento con suelo sin microorganismos edáficos (suelo estéril) existe mayor asignación de recursos a la parte radicular; el desarrollo de raíces contribuye al mayor acceso de los nutrientes del suelo.

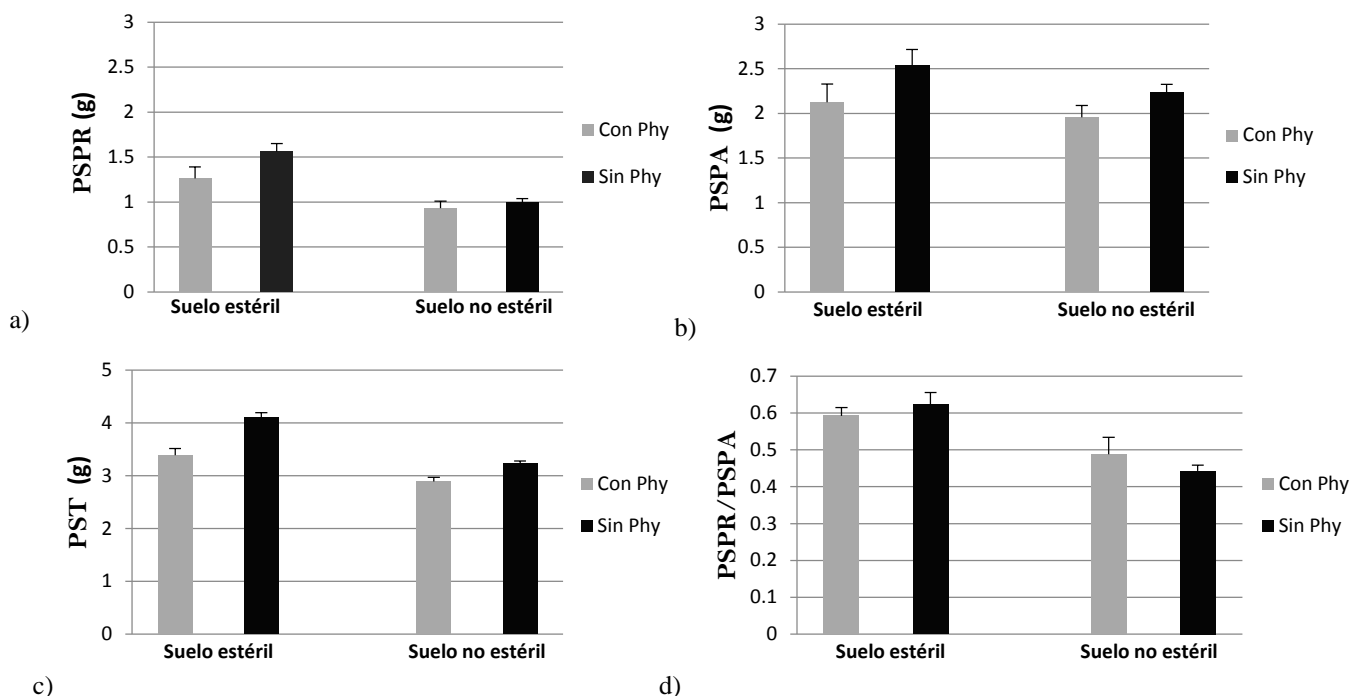


Figura 1. Peso seco de plantas de maíz con presencia y ausencia de *P. vetula* (Phy). Parte radicular (PSPR) (a), parte aérea (PSPA) (b), total (PST) (c) y la relación PSPR/PSPA (n=8). Las barras representan el error estándar.

La figura 2 muestra que en suelo no estéril el porcentaje de colonización de raíces por HMA fue de 43% en presencia de *P. vetula* y del 54 % en su ausencia, lo que sugiere que el insecto al alimentarse de las raíces disminuye proporción de HMA en raíces. Hasta el momento se ha registrado que los HMA influyen en la disminución de la rizofagia, por el contrario, efectos de la herbivoría sobre la colonización de HMA no han sido reportados (Yang *et al.*, 2014).

El aumento de biomasa en *P. vetula* no registró diferencias significativas en los tratamientos con suelo estéril y no estéril (Fig. 3). El suelo y los microorganismos edáficos no parecen afectar el aumento de biomasa de las larvas.

Cuadro 1. Valores de P (≤ 0.05) obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de dos vías con los factores *P. vetula* (sin y con) y suelo (desinfectado o no desinfectado) como factores principales, así como su interacción sobre las variables medidas en el experimento ($n=8$). En el caso de colonización de raíces con HMA y biomasa de *P. vetula* se realizó ANOVA de una vía.

Variables	<i>P. vetula</i>	Suelo	<i>P. vetula</i> x suelo
Peso seco parte aérea	0.0328	0.1458	0.6698
Peso seco parte radicular	0.0596	0.0000	0.2012
Peso seco planta total	0.0377	0.0069	0.4320
Radio parte radicular/parte aérea	0.8220	0.0001	0.2457
Colonización de las raíces con HMA	0.0538	-	-
Biomasa de <i>P. vetula</i>	-	0.6990	-

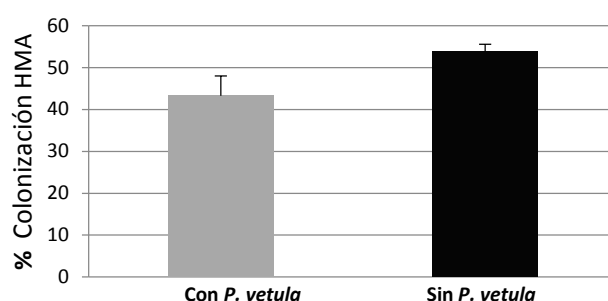


Figura 2. Colonización (%) por hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en suelo no estéril en presencia y ausencia de *P. vetula*. ($n=8$). Las barras representan el error estándar.

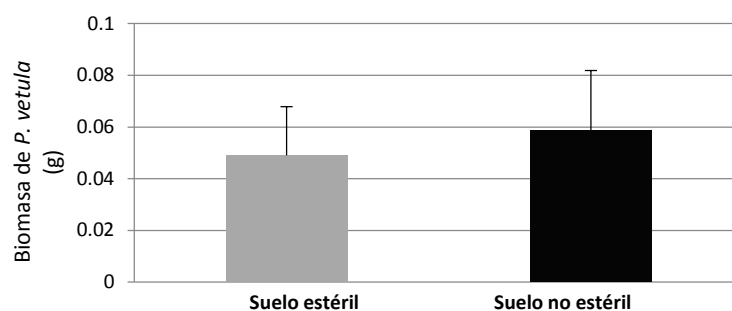


Figura 3. Biomasa fresca de larvas de *P. vetula* alimentadas con raíces de maíz en suelo estéril o suelo no estéril ($n=8$). Las barras representan el error estándar.

La figura 4 muestra una correlación negativa entre el aumento de biomasa de *P. vetula* y la colonización de HMA en el tratamiento de suelo no estéril, esto es, cuando las larvas tuvieron un mayor incremento de biomasa, el porcentaje de colonización de HMA fue menor. Dicho efecto podría deberse a que el consumo de HMA favorece el aumento de la biomasa de las larvas.

Conclusión

La herbivoría de raíces provocada por la alimentación de *P. vetula* en plantas de maíz disminuyó el porcentaje de colonización de HMA. Por otra parte, la presencia o ausencia de microorganismos de la raíz no influyó en la interacción de *P. vetula*-maíz. Al mismo tiempo, es evidente que el desarrollo de las plantas de maíz fue mayor en suelo estéril.

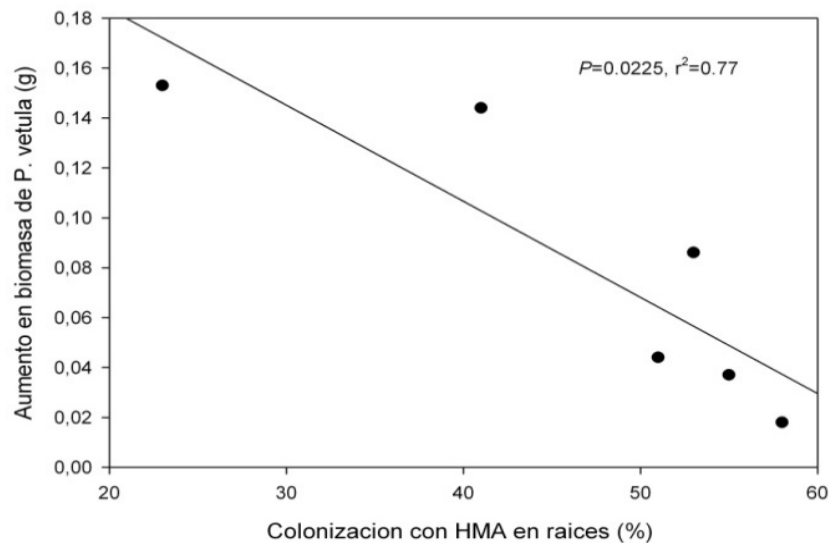


Figura 4. Correlación entre colonización con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y aumento de biomasa de *P. vetula* en suelo no estéril (n=6; 2 datos atípicos no incluidos)

Agradecimientos

El presente trabajo es una contribución al proyecto “Importancia de los microbios benéficos de las rizósfera en la producción sustentable del maíz”, financiado por el CONACYT a través de la propuesta de Investigación Básica (SEP-CONACYT-2012-179319).

Literatura Citada

- Aragón, A., Morón, M. A. 2004. Descripción de larvas de tres especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) del Valle de Puebla, México. *Folia Entomol. Mex.* 43: 295-306.
- Bowen, H.J. y Cawse P.A. 1964. Effects of ionizing radiation on soils and subsequent crop growth. *Soils Sci.* 59:39-45.
- Cawse, P.A. 1967. Effects of low sub-sterilising doses of gamma radiation on carbon, nitrogen and phosphorus in fresh soils. *J. Sci. Fd. Agric.* 18:388-391.
- Dessaux, Y., Hinsinger P. y Lemanceau P. 2009. Rhizosphere: so many achievements and even more challenges. *Plant Soil.* 321: 1-3.
- Dupuy, L., Vignes M, McKenzie BM y White PJ. 2010. The dynamics of root meristem distribution in the soil. *Plant Cell Environ.* 33:358-369.
- Fuxa, J.R. 1987. Ecological considerations for the use of entomopathogens in IPM. *Ann. Rev. Entomol.* 32:225-251
- Hajek, A. 2004. *Natural enemies, an introduction to biological control.* Cambridge. pp. 378.
- Hidalgo, E. 2001. Uso de microorganismos para el control biológico de *Phyllophaga* spp. *Manejo integrado de plagas.* 60: 1-4
- Jaques, R.P. 1983. The potential of pathogens for pest control. *Agriculture, Ecosystems and Environmental* 10:101-126
- Lambers, H., Mougél C., Jaillard B. y Hinsinger P. 2009. Plant-microbe-soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant and Soil.* 321: 83-115.
- López-Olguín, J. F. y A. Aragón. 1989. Efecto de plagas de la raíz, follaje y como complejo sobre el rendimiento de maíz criollo blanco en la comunidad de Amatlán, Sierra Norte de Puebla. *Ciclo*

- de temporal de 1987. pp. 249-251. In: XXIV Congreso Nacional de Entomología, Oaxtepec, Morelos, México.
- Morón, M.A. 1983. Introducción a la biosistemática y ecología de los coleópteros Melolonthidae edafícolas de México. EN: Memorias II Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Chapingo, Edo. De México. pp. C1-C13
- Richter, P.O. 1966. White grubs and their allies. Oregon State University Press. Corvallis. 219 pp.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. 1988. *Phyllophaga crinita* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae): Historia de una plaga del suelo (1855–1988). Memorias de la III mesa redonda sobre plagas del suelo. Soc. Mex. Entomol., 24 de Mayo, Morelia, Michoacán, México. pp. 53–79.
- Roy, H.E. y Pell JK. 2000. Interactions between entomopathogenic fungi and other natural enemies: Implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology* 10: 737-752.
- Smith, S. y Read D. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. 3rd edition. Great Britain. pp. 800.
- Statpoint, Inc. 2005. STATGRAPHICS Centurion XV Version 15.02. <http://www.statgraphics.com>
- Villalobos, F. J. 1999. The sustainable management of white grubs (Coleoptera: Melolonthidae) pest of corn in “El Cielo” Biosphere Reserve, Tamaulipas, México. *Journal of Sustainable Agriculture*. 14: 5-29.
- Yang, H, Dai Y, Wang X, Zhang Q, Zhu L y Bian X. 2014. Meta-analysis of interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and biotic stressors of plants. *Scientific World Journal*. 2014: 7