

Alteraciones en el Crecimiento Radical de Cultivares de Sorgo Infestados con Pulgón Verde¹

A.M. Castro*, C.P. Rumi*, H.O. Arriaga*

ABSTRACT

The aim of this work was to determine root growth behavior in greenbug (*Schizaphis graminum* Rond.) -susceptible and greenbug-tolerant sorghum cvs. (*Sorghum bicolor* Moench.) under infestation conditions. Two susceptible cvs. (NK233 and NK180) and a resistant one (BR64R) were employed. The experiment lasted only nine days to prevent chlorosis interaction with seedling growth patterns. Every three days, 20 plants, attacked and unattacked, from each cv were sampled to determine some growth parameters. Three days after infestation inhibition was detected in new foliar primordia differentiation and in the production of new nodal roots. Seminal roots elongated less and produced fewer primary and secondary branches. In the susceptible cvs foliar area was about 58% - 60% less than in the controls. Fresh weight differences amounted to 50% - 60 per cent. Dry matter production was 40% - 45% lower than the controls. Infested tolerant plants showed a decrease only in fresh weight. Aerial and root losses after nine days of infestation were independent from energetic and/or nutritional imbalances resulting from chlorotic advance and phloematic fluid extraction by the insect.

COMPENDIO

El objeto del presente trabajo fue determinar el comportamiento del crecimiento radical de cultivares susceptibles y tolerantes al pulgón verde (*Schizaphis graminum* Rond.) en sorgo granífero (*Sorghum bicolor* Moench.), en condiciones de infestación, y su correlación con el crecimiento aéreo. Se emplearon dos cultivares susceptibles, NK233 y NK180, y uno resistente, BR64R. La experiencia se condujo sólo durante nueve días de infestación para evitar la interacción de la clorosis en el crecimiento de las plantas jóvenes. Cada tres días se recolectaron de cada cultivar 20 plantas con y sin ataque y se determinaron algunos parámetros de crecimiento. A los tres días de infestación se observó en los cultivares susceptibles una inhibición en la diferenciación de primordios foliares y en la producción de nuevas raíces nodales. Las raíces seminales sufrieron una disminución en su alargamiento y en la producción de ramificaciones. El área foliar fue menor respecto a los testigos (58% - 62%); en cuanto al peso fresco, las diferencias fueron entre 50% y 60%, y la producción de materia seca alcanzó niveles entre 40% y 46% inferiores a los de los testigos. El cultivar tolerante sólo presentó diferencias en el peso fresco, inferior en las plantas infestadas. Las pérdidas ocasionadas en el desarrollo aéreo y radical en nueve días de infestación fueron independientes de los desbalances energéticos y nutricios, o ambos, causados por el avance clorótico y la extracción del líquido floemático por el insecto. Estos hechos se explicarían por los desórdenes en los mecanismos hormonales, producto de sustancias inhibitorias.

1 Recibido para publicación el 1 de agosto de 1988

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

Los autores agradecen la colaboración técnica de Cecilia S. Burgos en la traducción del compendio al inglés.

* Instituto de Fisiología Vegetal y Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Plata, CC31, 60 y 119, CP 1900, La Plata, Argentina.

INTRODUCCION

En los últimos años el ataque de *Schizaphis graminum* Rond. ha ocasionado serios daños en la producción de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* Moench.) en Estados Unidos de América (EE.UU.) y en Argentina. El biótipo "verde claro", prevaleciente en los cultivos de verano e invierno, fue encontrado por primera vez en sorgo (1). Los cultivos de sorgo no sólo son un eslabón más de la cadena anual del pulgón verde sino que su hospedante preferido. Es, por ello, importante conocer el comportamiento de los cultivares susceptibles y tolerantes de este cereal para establecer bases duraderas de mejoramiento genético en la resistencia a esos insectos.

Se ha señalado que el biótipo "verde claro" provoca pérdidas en el sorgo del orden del 30% en cultivares tolerantes y del 70% en los susceptibles (6). Y, sólo ocasiona retrasos en el crecimiento de cultivares tolerantes de cebada y avena (3, 5). Sin embargo, los cultivares susceptibles de cebada y avena, sometidos a similares condiciones de ataque, murieron en los primeros 12 días de infestación (2, 5); en sorgo, en cambio, las plántulas soportaron períodos más prolongados de ataque (6). El áfido ocasiona pérdidas importantes en el área foliar fotosintetizante en cereales susceptibles de invierno; en sorgo se ha determinado que el avance clorótico es lento y de menor magnitud (6).

En trabajos previos se ha señalado que el pulgón verde ocasiona mayores deterioros en el peso fresco que en la acumulación de materia seca en cebada (3) y en sorgo (6) no así en avena (4). En los cereales de invierno se ha determinado que el áfido modifica el ritmo de crecimiento y la composición del sistema radical; en cambio, en el sorgo no se conoce el efecto que produce la infestación en el crecimiento de las raíces. El objetivo del presente trabajo es determinar si el crecimiento y desarrollo radical son alterados por la presencia del áfido en cultivares susceptibles y tolerantes de sorgo, y analizar su interrelación con la producción vegetativa aérea.

MATERIALES Y METODOS

Se emplearon dos cultivares susceptibles de sorgo granífero (NK233 y NK180) y uno tolerante (BR64R) al pulgón verde. Los cultivares se sembraron en bandejas con arena. Se uniformó el plantel por su

estado de crecimiento en el largo del coleóptilo. Las plántulas seleccionadas se transplantaron a vasos individuales en un sustrato de arena. Diariamente fueron regadas con un volumen predeterminado de agua (3) y semanalmente con el mismo volumen de solución nutritiva (Hoagland, solución completa).

Las plantas se mantuvieron en condiciones ambientales naturales hasta el inicio del ataque—primera hoja expandida y segunda hoja próxima a expandirse. Al alcanzar este estado, la mitad de las plantas de cada cultivar fue infestada con 20 pulgones adultos por planta; el resto permaneció sin ataque en calidad de testigos. Desde la infestación (día cero) y cada tres días hasta la aparición de puntuaciones cloróticas (novenio día), se recolectaron muestras de 40 plantas por tratamiento en cada cultivar.

Las plantas infestadas y sus testigos se mantuvieron durante la experiencia en condiciones naturales para favorecer el estado general de las mismas. Desde las 17.00 h hasta las 8.00 h se trasladaron al interior de una cámara climática donde se prolongó el fotoperíodo a 12 h, recibiendo luz desde las 17.00 h a las 20.00 horas. El flujo lumínico fue de $580 \text{ mEm}^{-2}\text{s}^{-1}$, la humedad relativa osciló entre el 50% y el 70% y la temperatura se mantuvo entre 20°C y 22 grados centígrados. El traslado del material a una cámara climática permitió además evitar la migración nocturna de los insectos entre las distintas plantas. Durante todas las observaciones se determinó el número de insectos presentes en las plantas y se realizó la cuantificación de algunos parámetros de crecimiento (3). El número de áfidos por planta se relacionó con el área foliar total, calculándose la densidad—número de áfidos por centímetro cuadrado— como parámetro de la antibiosis presente en los cultivares. El diseño experimental empleado fue el de la parcela dividido en el tiempo.

RESULTADOS

Producción Vegetativa Aérea

La producción vegetativa aérea del ápice principal fue significativamente menor en las plantas infestadas de ambos cultivares susceptibles (NK233 y NK180) en relación con sus respectivos testigos (Fig. 1). En el cultivar tolerante no se observaron diferencias entre las plantas con y sin ataque.

En la producción vegetativa aérea se manifestaron diferencias significativas en los cultivares susceptibles a los tres días de la infestación. Por efecto del

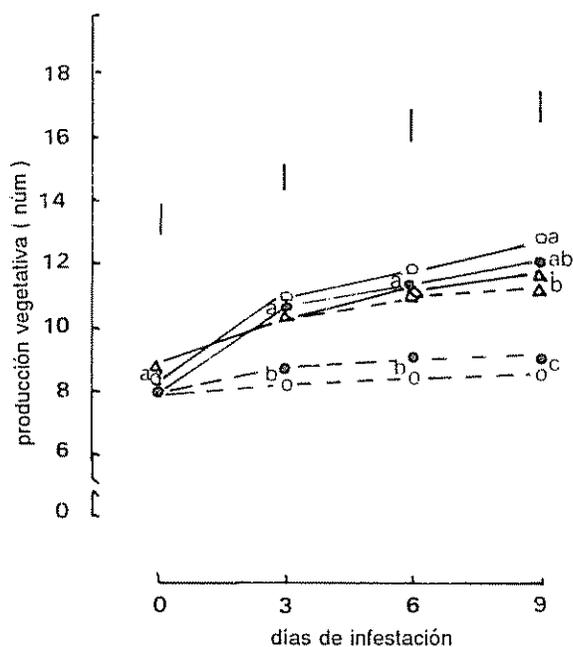


Fig. 1. Producción vegetativa aérea determinada en dos cultivares de sorgo susceptibles al pulgón verde, NK233 (Δ) y NK180 (○), y en un cultivar tolerante, BR64R (□), durante nueve días de infestación; plantas testigos (---) plantas infestadas (—). Letras diferentes en un mismo día entre los tratamientos indican diferencias significativas ($P = 0.05$). Las barras verticales señalan la mínima diferencia significativa entre dos medias sucesivas (Duncan, $P = 0.05$).

ataque, el área foliar fue menor (Fig. 2). De los dos cultivares susceptibles, el menor deterioro en la producción de biomasa aérea se observó en el cv. NK233 (29%) con respecto al determinado en el cv. NK180 (39%) a los tres días de infestación. En ese período de ataque las plantas tolerantes no mostraron diferencias.

El cv. NK180 sin ataque produjo una mayor biomasa aérea que los otros dos testigos a partir del tercer día. El número total de hojas expandidas y no expandidas, que constituyen el área foliar total, fue similar en las plantas testigos de los tres cultivares. Sin embargo, las láminas foliares en el cv. NK180 presentaron las mayores longitudes.

El ataque provocó inhibición en la diferenciación de nuevas hojas y, al mismo tiempo, alteró la actividad de los meristemas intercalares, determinando una menor longitud de láminas y vainas foliares. Como consecuencia existió un menor número de hojas expandidas en las plantas atacadas de los cultivares susceptibles.

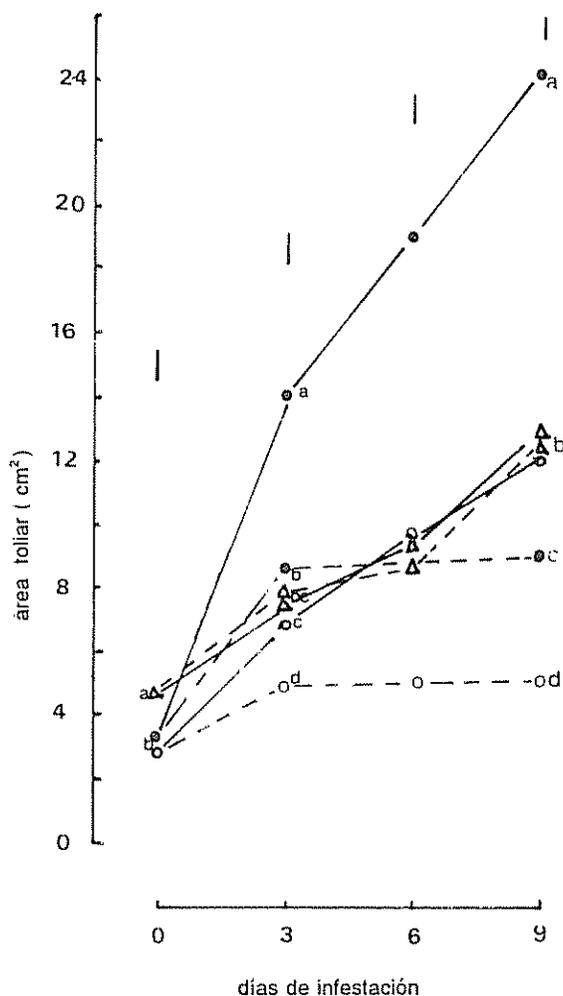


Fig. 2. Área foliar total determinada en dos cultivares de sorgo susceptibles al pulgón verde, NK233 (Δ) y NK180 (○) y en un cultivar tolerante, BR64R (□), durante nueve días de infestación; plantas testigos (---) plantas infestadas (—). Letras diferentes en un mismo día entre los tratamientos indican diferencias significativas ($P = 0.05$). Las barras verticales señalan la mínima diferencia significativa entre dos medias sucesivas (Duncan, $P = 0.05$).

Volumen Radical

El volumen radical fue significativamente inferior en las plantas infestadas de los cvs. NK233 y NK180 en relación con sus respectivos testigos y con las plantas con y sin ataque del cultivar tolerante (Fig. 3).

El menor volumen radical observado en las plantas atacadas de los cultivares susceptibles se debió a la inhibición provocada en la emisión de nuevas raíces nodales (adventicias) y en el alargamiento de

las raíces seminales y adventicias diferenciadas con anterioridad al ataque. Las ramificaciones primarias y secundarias de los ejes seminales fueron inhibidas desde el tercer día. Este conjunto de alteraciones provocó una menor biomasa radical. Al noveno día, las plantas infestadas del cv. NK233 presentaron un deterioro del 39% en relación a los testigos; en el cv. NK180 la infestación produjo una disminución del 54% en el volumen radical. Al finalizar la experiencia no se observaron diferencias entre las plantas con y sin ataque del cultivar resistente.

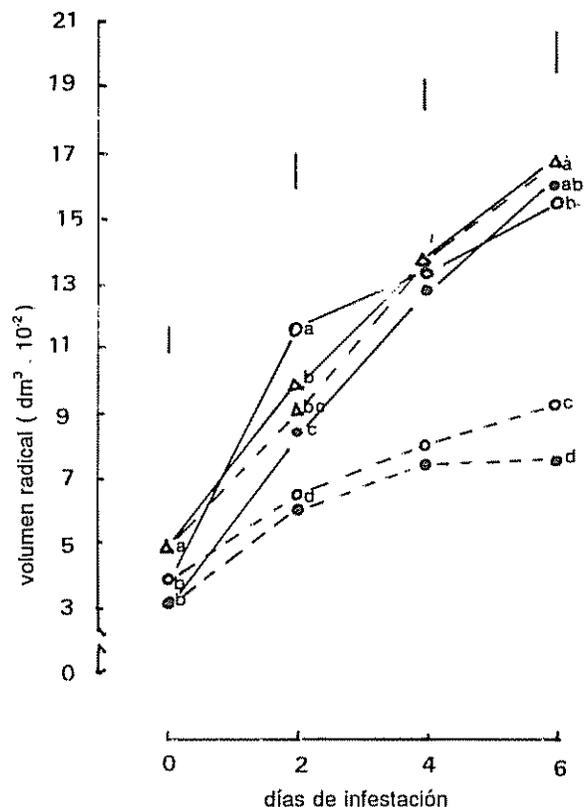


Fig. 3. Volumen radical determinado en dos cultivares de sorgo susceptibles al pulgón verde, NK233 (Δ) y NK180 (○), y en un cultivar tolerante, BR64R (□), durante nueve días de investigación; plantas testigos (—) plantas infestadas (---). Letras diferentes en un mismo día entre los tratamientos indican diferencias significativas (P = 0.05). Las barras verticales señalan la mínima diferencia significativa entre dos medias sucesivas (Duncan, P = 0.05).

Las plantas testigo del cv. NK180 presentaron un mayor desarrollo aéreo que el resto de los cultivares, sin embargo su producción radical fue similar a la de los otros cultivares. Por otro lado, el cultivar resistente, que produjo un nivel intermedio del área foliar, presentó el mayor desarrollo radical.

Peso Fresco y Seco Total: Sus Interrelaciones

Las plantas atacadas presentaron una reducción significativa (F=0.01) en el peso fresco total (Fig. 4). El más afectado a los tres días de infestación fue el cv. NK233 que presentó un 40% de deterioro; al finalizar la experiencia éste produjo un 50% menos que las plantas sin ataque. A los nueve días de iniciado el ataque, la producción de materia fresca en el cv. NK180 susceptible se redujo en un 60% por la infestación. En el cultivar tolerante se observó al noveno día también una reducción de menor magnitud en el peso fresco (12%).

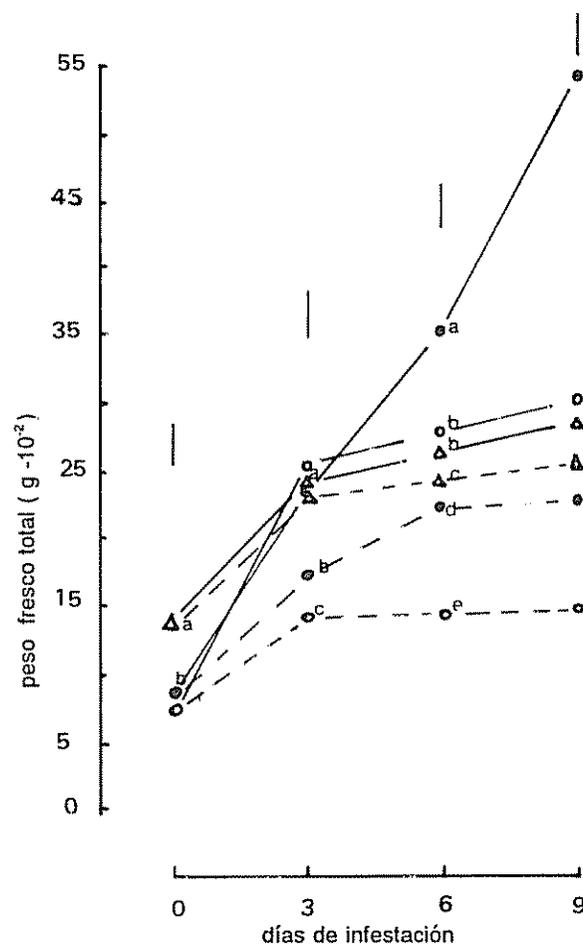


Fig. 4. Peso fresco total determinado en dos cultivares de sorgo susceptibles al pulgón verde, NK233 (Δ) y NK180 (○), y en un cultivar tolerante, BR64R (□), durante nueve días de infestación; plantas testigos (—) plantas infestadas (---). Letras diferentes en un mismo día entre los tratamientos indican diferencias significativas (P = 0.05). Las barras verticales señalan la mínima diferencia significativa entre dos medias sucesivas (Duncan, P = 0.05).

El peso fresco (PF) total y la biomasa aérea presentaron una correlación positiva significativa ($r=0.90$) en todos los cultivares con y sin ataque, a excepción del cv. BR64R. En este último, la infestación provocó una disminución en el peso fresco aunque el área foliar total fue similar a la de los testigos.

El peso seco (PS) total fue inferior en las plantas atacadas de los cultivares susceptibles (Fig. 5). Al tercer día de infestación, las plantas del cv. NK233 produjeron un 35% menos de materia seca total que los testigos, y el cv. NK180, un 45% menos. Al

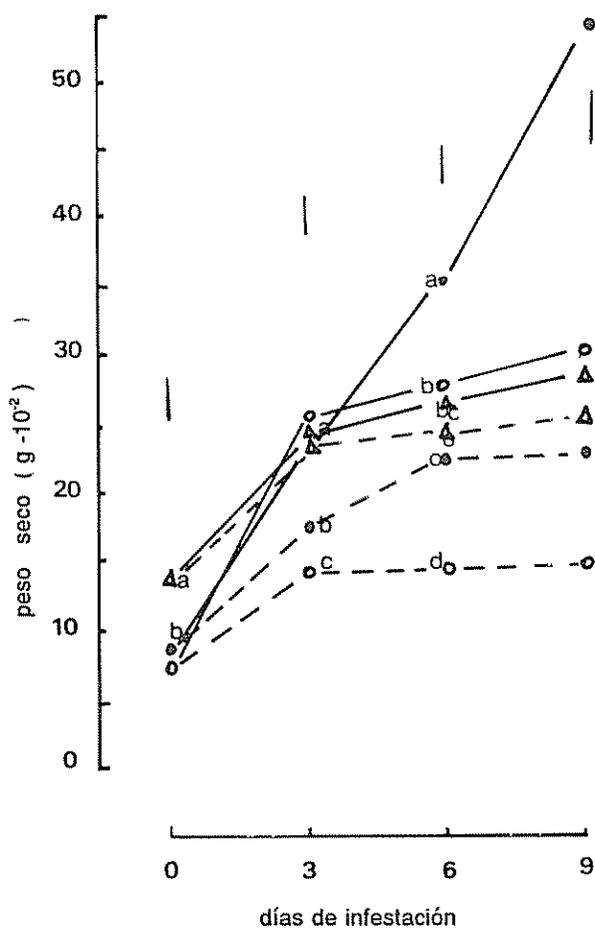


Fig. 5. Peso fresco total determinado en dos cultivares de sorgo susceptibles al pulgón verde, NK233 (.) y NK180 (o), y en un cultivar tolerante, BR64R (Δ), durante nueve días de infestación; plantas testigos (---) plantas infestadas (---). Letras diferentes en un mismo día entre los tratamientos indican diferencias significativas ($P = 0.05$). Las barras verticales señalan la mínima diferencia significativa entre dos medias sucesivas (Duncan, $P = 0.05$).

finalizar la experiencia, las diferencias con los respectivos testigos fueron del 45% en el cv. NK233 y del 40% en el cv. NK180. En el cultivar tolerante no se observaron diferencias entre las plantas con y sin infestación en cuanto a la acumulación de materia seca.

El deterioro provocado en el peso fresco por el ataque fue proporcionalmente mayor al ocasionado en el peso seco. Como consecuencia, la relación (PS/PF) · 100 fue significativamente mayor en las plantas atacadas de los cultivares susceptibles. Al noveno día las plantas del cv. NK233 presentaron los siguientes índices: con ataque, el 14%, y los testigos, un 10 por ciento. En el cv. NK180 los índices fueron del 12% y del 9 por ciento. En el cultivar resistente los dos tipos de plantas mostraron relaciones similares, a pesar de que las infestadas tuvieron un 12% menos en materia fresca.

DISCUSION

En trabajos previos se ha indicado que el ataque de *S. graminum* determina algunas alteraciones en el crecimiento de plántulas de sorgo (6, 7). Morgan *et al.* (7) han sugerido que el crecimiento podría verse afectado por alguna causa diferente a la destrucción localizada en los tejidos. Si bien no se cuantificó el deterioro radical, se señaló la posible inhibición en la producción de raíces nodales. Castro *et al.* (6) trabajaron sobre el crecimiento aéreo y determinaron que se producía inhibición en la diferenciación de nuevos primordios en el ápice caulinar. Esta acción inicial determinó pérdidas significativas del orden del 30% al 70% en los diferentes parámetros de crecimiento.

En la presente experiencia se trabajó dentro de un lapso breve de infestación para evitar la interferencia que ocasiona la clorosis. Luego de tres días de infestación los cultivares susceptibles manifestaron serios deterioros en la producción vegetativa aérea. En el momento en que se concluyó la experiencia, la producción de biomasa aérea se había reducido en un 58% a un 62% en las plantas infestadas de los cultivares susceptibles, en relación a los respectivos testigos. La menor producción aérea es una consecuencia de la inhibición en la diferenciación de nuevos primordios en el ápice caulinar y de la disminución en la actividad de los meristemas intercalares. El crecimiento radical fue severamente

inhibido desde los primeros días de la infestación. La alteración en el crecimiento radical podría ser una consecuencia de la inhibición determinada en la parte aérea o bien la causa que provocó un menor crecimiento aéreo. Como éste es un proceso integral sólo se puede indicar que uno y otro efecto son consecuencia de desbalances energético-nutricios u hormonales.

El sorgo es una especie C4 y su metabolismo es más eficiente que el de otros cereales, en los que se han indicado daños radicales similares a los determinados en el sorgo por efecto de la infestación. En esta experiencia se puede señalar que la inhibición del crecimiento no está relacionada con el área foliar clorótica que se manifestó al finalizar la infestación.

En cebada, la inhibición en el crecimiento aéreo y radical se debería al desabastecimiento en las zonas de crecimiento (3). Trabajos posteriores parecerían indicar que esta última hipótesis no es válida para explicar la acción sistémica provocada por el áfido en el crecimiento. Se ha determinado que el desabastecimiento por extracción de líquido floemático sólo explicaría el 16% de la inhibición en el crecimiento en plántulas de cebada, que se infestaron con *S. graminum* y *Macrosiphum avenae* —este último como pulgón extractor de grandes cantidades de líquido floemático.

En la presente experiencia la acumulación de materia seca continuó a un ritmo más lento en las plantas infestadas de los cultivares susceptibles hacia el final del experimento. Este hecho también indicaría que la posible explicación de la inhibición del crecimiento por efecto del desabastecimiento, no es correcta. A pesar de la inhibición aérea y radical la acumulación de materia seca no fue detenida.

El peso fresco pareció ser el parámetro más afectado, aun en el cultivar resistente; se han señalado efectos similares en cebada (3) y en sorgo (6).

Los resultados observados durante la presente experiencia en una especie C4 y en una etapa muy temprana de infestación, permitirían concluir que la inhibición del crecimiento aéreo y radical resultó ser independiente de las alteraciones energéticas o nutricias o ambas. En coincidencia con otros autores que sugieren que las alteraciones del crecimiento responden a desbalances hormonales que alterarían la división o alargamiento celular, o ambas.

LITERATURA CITADA

1. ARRIAGA, H.O.; CHIDICHIMO, H.O.; ALMARAZ, L.B.; BELLONE, B.M. 1984. Greenbug ecotype in Argentina. Ann. Plant Resistance to Insect Newsletter 10:51.
2. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P. 1985. Efecto del ataque del pulgón verde *Schizaphis graminum* (Rond.) en la producción vegetativa (aérea y radical) en plantas susceptibles y resistentes en cebada. In Reunión Nacional de Fisiología Vegetal (16., La Plata). Resúmenes. p. 156.
3. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P. 1987a. Greenbug damage on the aerial vegetative growth of two barley cultivars. Envir. Exp. Botany 27:263-271.
4. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P.; ARRIAGA, H.O. 1987b. Deterioro en la producción de avena susceptible a *Schizaphis graminum* (Rond.) sometidas a un período de infestación y su posterior recuperación. Turrialba 39(1):97-105.
5. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P.; ARRIAGA, H.O. 1988a. Influence of greenbug on root growth of resistant and susceptible barley genotypes. Envir. Exp. Botany 28(1):67-78.
6. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P.; ARRIAGA, H.O. 1988b. Efectos de la infestación del pulgón verde *Schizaphis graminum* (Rond.) en el ritmo de crecimiento de plántulas de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* Moench). Turrialba 40(3):292-298.
7. MORGAN, J.; WILDE, G.; JOHNSON, D. 1980. Greenbug resistance in commercial sorghum hybrids in the seedling stage. Journal of Economy Entomology (EE.UU.) 73:510-514.