

Eficacia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera*

Efficiency of three fungicides to control the leaf rust in malting barley

Miguel González González^{1§}, Mauro Zamora Díaz¹, Ramón Huerta Zurita¹ y Salomón Solano Hernández²

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera los Reyes-Textcoco, km 13.5. C. P. 56250. Coatlinchán, Textcoco, Estado de México. Tel. 01 59592 12657. Ext. 140 y 151. (zamora.mauro@inifap.gob.mx; huerta.ramon@inifap.gob.mx). ²CEBAJ-INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, km 6.5. C. P. 30110. Celaya, Guanajuato. (solano.salomon@inifap.gob.mx). §Autor para correspondencia: gonzález.miguel@inifap.gob.mx.

Resumen

La cebada es la mejor alternativa de cultivo en las áreas de temporal de los Valles Altos de la Mesa Central de México; posee ciclo más corto que otros cereales, permitiéndole producir durante el periodo libre de heladas en dicha región, lo que en ocasiones no es posible lograr con especies como maíz y trigo. Uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo de la cebada es la presencia de enfermedades como la roya de la hoja (*Puccinia hordei* Otth.), observado en la variedad Esmeralda en los últimos ciclos agrícolas en el Altiplano Central de México. Ésta situación ha propiciado que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias genere recomendaciones técnicas para el control de la enfermedad: uso de variedades tolerantes y aplicación foliar de fungicidas. Con el objetivo de determinar la dosis y producto más adecuado que permita tener un apropiado control de roya de la hoja en cebada maltera, se evaluaron en tres experimentos la eficacia de los fungicidas Epoxiconazole 125 SC, Tebuconazole 250 EW y Pointer 250 SC. Los resultados obtenidos indican que los fungicidas Epoxiconazole 125 SC y Tebuconazole 250 EW, pueden tener un buen control de la enfermedad a dosis de 500 y 450 mL ha⁻¹ respectivamente.

Palabras clave: *Puccinia hordei*, aplicación de fungicidas, cebada, enfermedades foliares.

Abstract

Barley is the best alternative crop in rainfed areas of the high valleys of the central plateau of Mexico; it has a shorter cycle than other cereals, able to produce during the frost-free period in the region, which is sometimes not possible with species such as maize and wheat. One of the main problems faced by the barley crop is the presence of diseases such as leaf rust (*Puccinia hordei* Otth.), observed in the variety Esmeralda in recent agricultural cycles in the Central Highlands of Mexico. This situation has led the National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock to generate technical recommendations for disease control: using tolerant varieties and foliar application of fungicides. With the aim of determining the most appropriate dose and allowing the product to have proper control of the leaf rust in malting barley evaluated in three experiments the efficiency of fungicides Epoxiconazole 125 SC, Tebuconazole 250 EW and Pointer 250 SC. The results indicated that, the fungicides Epoxiconazole 125 SC and Tebuconazole 250 EW can have a good control of the disease at doses of 500 and 450 mL ha⁻¹ respectively.

Key words: *Puccinia hordei*, fungicide application, barley, leaf diseases.

* Recibido: noviembre de 2012
Aceptado: mayo de 2013

Introducción

La cebada uno de los cultivos más importante a nivel mundial, puede cultivarse bajo sistemas agrícolas de alta productividad así como en ambientes marginales y de subsistencia. Ocupa la cuarta posición entre los países con mayor producción de cereales después del maíz, trigo y arroz con 123.5 millones de toneladas; obtenidas en 53 millones de hectáreas sembradas. Su importancia económica se basa principalmente en la producción de alcohol y en la alimentación animal. Aunque tiene gran potencial por su contenido de beta-glucanos su utilización en la alimentación humana es limitado (Newton *et al.*, 2011; Walters *et al.*, 2012). En México, este cereal está destinado básicamente para la producción de cebada maltera, siendo los Valles Altos de la Mesa Central en donde se obtiene 60% de la producción anual. De acuerdo con el SIAP, en 2011 se sembraron en México 334 mil has de cebada con rendimiento promedio de 2.23 t ha⁻¹.

Durante el ciclo de cultivo, las plantas están expuestas a patógenos que les causan daños y reducen la calidad del producto final (Havlova *et al.*, 2006). La aplicación de fungicidas y el uso de genotipos tolerantes puede proteger a la planta contra los daños de las enfermedades (Bingham *et al.*, 2009; Murray y Brennan, 2010). Los daños, aunque difíciles de cuantificar disminuyen entre 5% hasta más de 50% el rendimiento final. Entre los tres principales hongos que ocasiona los mayores daños económicos se encuentran las royas ocasionadas por *Puccinia* spp. (Jørgensen, 2008; Marja y Latvala, 2011; Dean *et al.*, 2012).

La roya de la hoja (*P. hordei* Otth.), una enfermedad foliar del cultivo de cebada, es muy común en muchas áreas productoras en el mundo. Sólo en raras ocasiones llega a ser una enfermedad devastadora; en promedio se reportan pérdidas de 20 a 30% en el rendimiento final. Los síntomas visuales son pústulas redondas color amarillo-naranja en las hojas y vainas de la planta, que corresponden a los cuerpos fructíferos donde se reproducen las esporas denominadas urediosporas. Infecciones severas provocan amarillamiento prematuro de las hojas con secciones de color verde alrededor de las pústulas; los síntomas son más obvios en hojas senescentes (Jayesena y Loughman, 2005). La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 15-20 °C. Se requiere de la presencia de agua libre sobre la superficie del follaje durante más de seis horas para que ocurra la infección (Germán, 2007). El patógeno sobrevive en plantas hospedantes de las que proviene el inóculo primario; mientras que el inóculo

Introduction

Barley is one of the most important crops worldwide, which can be grown on highly productive agricultural systems and in marginal and of subsistence. Ranked fourth among countries with higher grain production after maize, wheat and rice with 123.5 million tons, obtained at 53 million hectares. Its economic importance is mainly based on the production of alcohol and animal feed. Although it has great potential for their content of beta-glucans used in human food is limited (Newton *et al.*, 2011; Walters *et al.*, 2012). In Mexico, this cereal is intended primarily for malting production, with the high valleys of the central plateau getting 60% of the annual production. According to the SIAP, in 2011 in Mexico 334 000 hectares of barley were planted with average yield of 2.23 t ha⁻¹.

During the growing season, the plants are exposed to pathogens that cause damage and reduce the quality of the final product (Havlova *et al.*, 2006). The application of fungicides and use of tolerant genotypes may protect the plant against damage from diseases (Bingham *et al.*, 2009; Murray and Brennan, 2010). The damage, although difficult to quantify decreased from 5% to over 50% in the final yield. Among the three main fungi causing major economic damage are the rust caused by *Puccinia* spp. (Jørgensen, 2008; Marja and Latvala, 2011; Dean *et al.*, 2012).

The leaf rust (*P. hordei* Otth.), foliar disease of barley crop is quite common in many producing areas in the world. Only rarely becomes a devastating disease; average losses are reported from 20 to 30% in the final yield. Visual symptoms are round yellow-orange pustules in the leaves and pods in the plant, which correspond to the successful bodies where they reproduce the spores called urediniospores. Severe infections cause premature leaf yellowing with green sections around the pustules, symptoms that are more obvious in senescent leaves (Jayesena and Loughman, 2005). The optimum temperature for development of the disease is 15-20 °C. The presence of free water on the surface of foliage is required for over six hours so that the infection occurs (Germain, 2007). The pathogen survives in host plants that provided the primary inoculum, while the secondary inoculum is generated during the crop cycle of barley, reaching several cycles of infection when multiplying asexually. Under suitable conditions, the incidence period lasts seven to 10 days.

secundario se genera durante el ciclo del cultivo de la cebada, pudiendo cumplir varios ciclos de infección al multiplicarse asexualmente. Bajo condiciones adecuadas, el periodo de incidencia dura entre siete y 10 días.

Cuando *P. hordei* infecta las plantas en etapa temprana del ciclo vegetativo o cuando la incidencia ocurre en la hoja bandera las pérdidas pueden ser cuantiosas. Las plantas enfermas presentan hojas más pequeñas y tallos débiles, las que pueden madurar hasta dos semanas antes que las plantas sanas. En infecciones tempranas severas el rendimiento puede disminuir 30% pudiendo afectar la calidad del grano al producir granos delgados (Jayesena y Loughman, 2005). Schoeﬂ *et al.* (1994) reportan disminución del rendimiento de 18%, pudiéndose controlar la enfermedad con la aplicación de Tebuconazole. Janczak and Pokacka (1986), al evaluar diez fungicidas para el control de cenicilla (*Erysiphe graminis* D. Ex Merat) y roya de la hoja en cebada, concluyen que el rendimiento se incrementa después de dos aplicaciones de fungicidas.

Conry y Dunne (1993) y Schoeﬂ *et al.* (1994) reportaron pérdidas ocasionadas por roya de la hoja en el rendimiento de grano de alrededor de 17 a 25%, mientras que una o dos aplicaciones de fungicidas incrementa el rendimiento de grano de cebada entre 16 y 32%; la eficacia en el control de la enfermedad depende del tipo de ingrediente activo que contenga cada uno de los diferentes productos que se aplique. Das *et al.* (2007), mencionaron pérdidas de hasta 33% en cultivos sin control de la enfermedad, mientras que en aquellos en donde se aplican fungicidas se ve reducido el daño tanto para rendimiento final como en características de calidad del grano (Havlova *et al.*, 2006). En la mayoría de los casos, el control de la enfermedad involucra el uso de fungicidas; por ello, su utilización debe ser en la dosis adecuada para no generar residuos dañinos al ambiente, pero sobre todo evitar que el patógeno genere resistencia al producto aplicado (Gullino y Kuijpers, 1994; Woldeab *et al.*, 2007; Walter, 2010; Murray y Brennan, 2010).

En el ciclo de verano, la cebada es la mejor alternativa de cultivo en las áreas de temporal de los Valles de la Mesa Central de México. Su ciclo corto le permite producir durante el periodo libre de heladas, lo cual en ocasiones no es posible lograrlo con especies como maíz y trigo. Uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo de la cebada en nuestro país es la presencia de enfermedades como la roya de la hoja (*P. hordei* Otth.), que se ha observado en la variedad Esmeralda en los últimos ciclos agrícolas en el Altiplano Central de México.

When *P. hordei* infects plants during the early phase in the growing season or when the incident occurs in the flag leaf losses can be substantial. Diseased plants have smaller leaves and weak stems, which can grow up to two weeks earlier than healthy plants. In early infections yield may decrease 30% affecting the grain quality (Jayesena and Loughman, 2005). Schoeﬂ *et al.* (1994) reported decreased yields of 18%, being able to control the disease with the application of Tebuconazole. Janczak and Pokacka (1986), evaluated ten fungicides for control of powdery mildew (*Erysiphe graminis* D. Ex Merat) and leaf rust in barley, concluding that yield increases after two applications of fungicides.

Conry and Dunne (1993) and Schoeﬂ *et al.* (1994) reported losses of leaf rust on grain yield of about 17 to 25%, while one or two fungicide applications increases the yield of barley grain between 16 and 32%, the effectiveness in controlling of the disease depends on the type of active ingredient that contains each of the different products that apply. Das *et al.* (2007), mentioned losses of up to 33% in control cultures without the disease, while in those where fungicides are applied damage is reduced for both final yield as grain quality characteristics (Havlova *et al.*, 2006). In most cases, the control of the disease involves the use of fungicides, which is why their use should be at the proper dosage for not generating waste harmful to the environment, but mainly generates prevent pathogen resistance applied to the product (Gullino and Kuijpers, 1994; Woldeab *et al.*, 2007; Walter, 2010; Murray and Brennan, 2010).

In the summer cycle, barley is the best alternative crop in rainfed areas of the Valley of the Mesa Central of Mexico. Its short cycle makes it possible to produce during the frost-free period, which is sometimes not possible to achieve with species such as maize and wheat. One of the main problems facing the barley crop in our country is the presence of diseases such as leaf rust (*P. hordei* Otth.), which has been observed in the variety Esmeralda in recent agricultural cycles in the Plateau of Central Mexico.

Considering this information, the National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) has generated technical recommendations for controlling the diseases, such as the use of varieties tolerant to leaf rust and foliar applications of fungicides. In order to

Ante estos antecedentes, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha generado recomendaciones técnicas para el control de la enfermedad, como son el uso de variedades tolerantes a la roya de la hoja, y las aplicaciones foliares de fungicidas para su control. Con la finalidad de determinar la dosis adecuada que permita tener un apropiado control de roya de la hoja en cebada maltera, se evaluó en tres experimentos la eficacia de los fungicidas Epoxiconazole 125 SC, Tebuconazole 250 EW y Pointer 250 SC; para ello, se plantearon los siguientes objetivos de estudio:

Evaluar la efectividad biológica de los fungicidas Epoxiconazole 125 SC, Tebuconazole 250 EW y Pointer 250 SC para el control de roya de la hoja en cebada.

Comparar la efectividad biológica de los fungicidas Epoxiconazole 125 SC, Tebuconazole 250 EW y Pointer 250 SC contra los productos comerciales más usados en el control de la roya de la hoja.

Materiales y métodos

Los experimentos fueron establecidos durante el ciclo agrícola primavera-verano 2009 en las instalaciones del INIFAP - Campo Experimental Valle de México, geográficamente ubicado en el paralelo 19° 26' 40.48" de latitud norte y a 98° 53' 16.34" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, y una altitud de 2 264 msnm. La variedad utilizada correspondió a Esmeralda y las unidades experimentales constaron de cuatro surcos, cada surco de tres metros de largo por 0.30 m de ancho entre surco y con una superficie por parcela de 3.6 m². Los tratamientos (Cuadro 1) se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En cada experimento se utilizaron tres dosis (alta, media y baja) del fungicida a evaluar y dos testigos como punto de referencia para evaluar la incidencia y severidad de la enfermedad; el primero corresponde al producto comercial utilizado en el control de la enfermedad y el segundo al testigo sin aplicar.

Los productos evaluados son a fungicidas orgánicos del grupo de los triazoles (inhibidores de la síntesis del ergosterol) con las siguientes características:

determine the proper dosage that allows us to have a proper control of leaf rust in barley malting, we evaluated in three experiments the effectiveness of Epoxiconazole 125 SC fungicide, Tebuconazole 250 EW and Pointer 250 SC; for this purpose the following objectives were taken into account:

Evaluating the biological effectiveness of fungicides Epoxiconazole SC 125, Tebuconazole 250 EW and Pointer 250 SC for controlling leaf rust in barley.

To compare the biological effectiveness of fungicides Epoxiconazole 125 SC, Tebuconazole 250 EW and Pointer 250 SC against commercial products used in the control of leaf rust.

Materials and methods

The experiments were established during the season spring-summer 2009 at the INIFAP - Experimental Field Mexico Valley, geographically located at 19° 26' 40.48" North latitude and 98° 53' 16.34" West longitude, and at an elevation of 2 264 meters. We used the variety Esmeralda and the experimental units consisted of four rows, each row of three meters long and 0.30 m wide between rows and with a surface area of 3.6 m² plot. The treatments (Table 1) were established under a complete block design with four replications. In each experiment we used three doses (high, medium and low) of the fungicide to evaluate and two controls as a benchmark to assess the incidence and severity of disease, the first corresponds to the commercial product used in controlling the disease and the second one untreated.

The products evaluated are organic fungicides of the triazole group (inhibitors of ergosterol synthesis) with the following characteristics:

Trade mark Name	Active ingredient	Composition (wt%)	Product formulation
Epoxiconazole 125 SC	Epoxiconazole	12	Suspension concentrate
Tebuconazole 250 EW	Tebuconazole	25.7	Suspension emulsifier
Pointer 250 SC	Flutriatol	22.7	Suspension concentrate

Nombre comercial	Ingrediente activo	Composición (%) peso	Formulación del producto
Epoxiconazole 125 SC	Epoxiconazole	12	Suspensión concentrada
Tebuconazole 250 EW	Tebuconazole	25.7	Suspensión emulsificante
Pointer 250 SC	Flutriatol	22.7	Suspensión concentrada

For evaluating the biological effectiveness the incidence and severity of the disease was determined by:

Uredia density (DU): percentage of leaf area covered by uredinia.

Grain yield: unit in kg ha⁻¹.

Test weight: grain weight per unit volume (kg hL).

Thousand seeds weight: unit grams.

Cuadro 1. Fungicidas y dosis aplicados a tres experimentos de cebada maltera. Variedad Esmeralda.

Table 1. Fungicides and applied dose to the three experiments of malting barley. Variety Esmeralda.

Núm. trat.	Producto	Dosis (volumen de producto ia)	Unidad	Dosis (volumen de producto comercial)	unidad
Experimento 1					
1	Epoxiconazole 125 SC (DA)	125.00	gr ia/ha	1000	mL PF/ha
2	Epoxiconazole 125 SC (DM)	93.75	gr ia/ha	750	mL PF/ha
3	Epoxiconazole 125 SC (DB)	60.50	gr ia/ha	500	mL PF/ha
4	TILT 250 CE (TC)	125.00	gr ia/ha	500	mL PF/ha
5	Testigo sin aplicación				
Experimento 2					
1	Tebuconazole 250 EW (DA)	125.00	gr ia/ha	500	mL PF/ha
2	Tebuconazole 250 EW (DM)	112.50	gr ia/ha	450	mL PF/ha
3	Tebuconazole 250 EW (DB)	100.00	gr ia/ha	400	mL PF/ha
4	TILT 250 CE (TC)	125.00	gr ia/ha	500	mL PF/ha
5	Testigo sin aplicación				
Experimento 3					
1	Pointer 250 SC (DA)	125.00	gr ia/ha	500	mL PF/ha
2	Pointer 250 SC (DM)	112.50	gr ia/ha	450	mL PF/ha
3	Pointer 250 SC (DB)	100.00	gr ia/ha	400	mL PF/ha
4	Folicur 250 SC (TC)	125.00	gr ia/ha	500	mL PF/ha
5	Testigo sin aplicación				

DA= dosis alta; DM= dosis media; DB= dosis baja; TC= testigo comercial.

Para la evaluación de la efectividad biológica se determinó la incidencia y severidad de la enfermedad mediante:

Densidad de uredias (DU): porcentaje de área foliar cubierta por uredias.

Rendimiento de grano: unidad en kg ha⁻¹.

Peso hectolítrico: peso del grano por unidad de volumen (kg hL).

Peso de mil granos: unidad gramos.

Etapas fenológicas del cultivo en relación a los días después de la siembra (EFC): se registró el día de las aplicaciones de los tratamientos y cada vez que se tomó nota de la severidad de la enfermedad y demás parámetros registrados de acuerdo a la escala de Zadoks *et al.* (1974).

Phenological stage of the crop in relation to the days after sowing (EFC): recorded on the application of treatments and every time we took note of the severity of the disease and other recorded parameters according to the scale of Zadoks *et al.* (1974).

The application of the treatments were performed on the phenological stage of grain filling, which corresponds to the state of development in July (milky grain) according to the scale of Zadoks *et al.* (1974). The evaluation of each of the parameters considered were statistically analyzed by ANOVA (F test) and mean separation using LSD $\alpha=0.05$ using the Agrobase v.4 software. To quantify the severity of the damage, visual observation was made on ten plants

La aplicación de los tratamientos se realizó en la etapa fenológica de llenado de grano, que corresponde al estado de desarrollo 7 (grano lechoso) de acuerdo a la escala de Zadoks *et al.* (1974). En la evaluación de cada uno de los parámetros considerados se analizaron estadísticamente los daños mediante un ANAVA (prueba F) y separación de medias LSD $\alpha=0.05$ utilizando el programa Agrobases v.4. Para cuantificar la severidad del daño, se realizó una observación visual de diez plantas de cada unidad experimental y se estimó el porcentaje promedio del área foliar dañada. Se realizaron dos observaciones por semana para registrar el incremento en la severidad y la evaluación del rendimiento fue puntual, al final del ciclo del cultivo. Para el caso de rendimiento de grano, se determinó cosechando una parcela útil de 3.6 m².

Resultados y discusión

Con base en los resultados del análisis estadístico, los productos fúngicos aplicados para el control de roya de la hoja en el cultivo de cebada tuvieron los siguientes comportamientos:

Epoxiconazole 125 SC (experimento 1)

Densidad de uredias

Antes de la aplicación del fungicida Epoxiconazole 125 SC se realizó una evaluación de roya de la hoja; las plantas se encontraban en la etapa 7 (grano lechoso), con base en la escala de Zadoks *et al.* (1974). Con la información obtenida de severidad y respuesta de campo se realizó una transformación para obtener el coeficiente de infección promedio (CIP). Para la primera nota de infección (Cuadro 2), se observó una variación de 2.81 a 6 CIP (severidad y respuesta de campo de 7 MR-15 MR, con una media de 10 MR), lo que indica que el experimento se encontraba en un nivel crítico de severidad; resultados similares fueron reportados por Pereyra y Díaz en 2007. La segunda lectura se realizó en la etapa 7.5; etapa en que se alcanza el tamaño de grano maduro. El efecto de los tratamientos aplicados con Epoxiconazole 125 SC no mostró diferencias estadísticas significativas entre ellos, teniendo un control similar al testigo comercial (Tilt 250 CE); sin embargo, el testigo sin aplicación mantuvo su severidad al de la primera lectura, por lo que estadísticamente es diferente a los demás tratamientos a los que se les aplicó algún fungicida. Se observó una variación de 0.20 a 0.22 CIP en los tratamientos a los que se les aplicó Epoxiconazole, estos valores corresponden a una

of each experimental unit and estimated the average percentage of the leaf area damaged. Two observations were performed weekly to record the increase in the severity and performance evaluation was punctual, at the end of the cultivation cycle. In the case of grain yield was determined harvesting a useful plot of 3.6 m².

Results and discussion

Based on the results of statistical analysis, fungal products applied for controlling the leaf rust on barley crop had the following behaviors:

Epoxiconazole 125 SC (experiment 1)

Uredia density

Before the application of Epoxiconazole 125 SC, an evaluation of leaf rust was made; the plants were at stage 7 (milky), based on the scale of Zadoks *et al.* (1974). With the information obtained from field severity and response transformation was performed to obtain the average infection ratio (CIP). For the first note of infection (Table 2) showed a variation of 2.81 to 6 CIP (field response severity and 7 MR-15 MR, with a mean of 10 MR), indicating that the experiment was in a critical level of severity and similar results were reported by Pereyra and Díaz in 2007. The second reading was performed in the stage 7.5; stage in which the ripe grain size is reached. The effect of the treatments applied with Epoxiconazole 125 SC showed no statistically significant differences between (Tilt 250 EC); however, the control maintained its severity to the first reading, so statistically different from other treatments that were applied. A variation was observed from 0.20 to 0.22 CIP in the treatments that were applied with Epoxiconazole, these values correspond to a severity and field response 0R, considered to have good control with fungicide applications of Epoxiconazole 125 SC.

Grain yield

Statistical analysis for the variable grain yield showed significant statistical differences. The best yield was in treatment two. Treatments two and three showed an increase in grain yield of 12.3, 10.7 and 10.5%, respectively, compared with the control. In the commercial control

severidad y respuesta de campo de 0R por lo que se considera que se tiene un buen control con las aplicaciones del fungicida Epoxiconazole 125 SC.

Rendimiento de grano

El análisis estadístico para la variable rendimiento de grano, mostró diferencias estadísticas significativas. El mejor rendimiento correspondió al tratamiento dos. Los tratamientos dos, tres y uno mostraron un incremento en el rendimiento de grano del 12.3, 10.7 y 10.5% respectivamente, con respecto al testigo sin aplicar. En el testigo comercial (Tilt 250 CE), uno de los más utilizados en el control de roya de la hoja, se obtuvo un rendimiento de grano de 5.5% superior al testigo sin aplicar. Con base en los resultados obtenidos, se observa que los tratamientos con el producto Epoxiconazole 125 SC fueron efectivos para controlar la enfermedad, obteniendo un rendimiento medio por arriba de 10%. Resultados similares fueron reportados en diversas evaluaciones de roya de la hoja en cebada (Janczak y Pokacka, 1986; Conry y Dunne, 1993; Schoeﬂ *et al.*, 1994; Bingham *et al.*, 2012). En trigo, Butkute *et al.* (2008), observó un incremento del rendimiento, en el que epoxiconazole mostró buen control y mantuvo el verdor de las plantas; mientras que Tilt, no tuvo efectos en el incremento de la proteína.

(Tilt 250 EC), one of the most used in the control of leaf rust, a grain yield of 5.5% was obtained, higher than the control. Based on the results, we observed that, the product treatments Epoxiconazole SC 125 were effective controlling the disease, obtaining an average yield above 10%. Similar results were reported in various assessments of leaf rust for barley (Janczak and Pokacka, 1986; Conry and Dunne, 1993; Schoeﬂ *et al.*, 1994; Bingham *et al.*, 2012). In wheat, Butkute *et al.* (2008) observed an increase in yield, in which the epoxiconazole showed good control and kept the green on the plants; while Tilt, had no effect on the increase of the protein.

Weight per hectolitre

The physical characteristics of the seeds, considered quality factors include the volumetric weight, a determination of the weight in kilograms of a certain volume of grain expressed in hectoliters. Hectoliter weight is related to the texture of the endosperm or protein content, so it is a very important parameter in the industrialization of malt barley, values related to the yield and quality of the finished products. The results of analysis of variance showed no statistically significant difference between the treatments;

Cuadro 2. Efectos medios obtenidos de la aplicación del fungicida Epoxiconazole 125 SC, para el control de roya de la hoja (*Puccinia hordei* Otth).

Table 2. Medium effects resulting from the application of Epoxiconazole 125 SC fungicide for the control of leaf rust (*Puccinia hordei* Otth).

Tratamiento y producto	Dosis (mL ha ⁻¹)	Coeficiente de infección promedio (CIP)		Rend. Grano (kg ha ⁻¹)	Peso hect. (kg hL)	Peso mil granos (g)
		1 ^a	2 ^a			
1 Epoxiconazole 125 SC	1000	3.95 a	0.20 b	4,455 ab	57.78 a	33.51 a
2 Epoxiconazole 125 SC	750	2.81 a	0.20 b	4,546 a	57.52 a	34.03 a
3 Epoxiconazole 125 SC	500	4.38 a	0.20 b	4,482 ab	57.46 a	32.77 a
4 Tilt 250 CE	500	6.00 a	0.22 b	4,270 b	57.49 a	33.12 a
5 Testigo sin aplicación	-	3.90 a	2.55 a	4,048 c	57.31 a	33.11 a
Promedio		4.21	0.67	4,360.35	57.51	33.31
LSD (DMS) (α= 0.05)		4.27	0.19	238.65	1.26	1.06
CV		80.52	21.89	6.16	1.73	1.98

Valores con letras distintas son estadísticamente diferentes α= 0.05.

Peso por hectolitro

Las características físicas de las semillas consideradas factores de calidad, incluyen al peso volumétrico; es la determinación del peso en kilogramos de un determinado volumen de grano que se expresa en hectolitros. El peso por

however, there is a numerical difference compared with the control treatments. Although no statistical differences were found, the test weight values are above the official Mexican standard NMX-FF-043-SCFI-2003 for establishing a value of 56 kg.hL for the purchase of malting barley grain.

hectolitro se relaciona con la textura del endospermo o con el contenido de proteína, por lo que es un parámetro muy importante en la industrialización de la cebada maltera, sus valores se relacionan con los rendimientos y la calidad de los productos terminados. Los resultados del análisis de varianza, no mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, no obstante, se observa una diferencia numérica de los tratamientos con respecto al testigo sin aplicar. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas, los valores de peso hectolítrico están por arriba de la norma oficial mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003 en la que se establece un valor de 56 kg hL para la compra del grano de cebada maltera.

Peso de mil granos

El peso de mil granos está en función del tamaño, densidad y uniformidad del grano y puede variar dependiendo de la densidad de la espiga, de las condiciones agroclimáticas y de la fertilidad del suelo en donde se produjo el grano. Si las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de enfermedades tales como la roya de la hoja y manchas foliares, el rendimiento se podría ver afectado al reducir el desarrollo del área foliar y principalmente si se afecta la hoja bandera. Entre las etapas seis y ocho de la escala de Zadoks *et al.* (1974), cualquier problema de estrés o daño por enfermedades reduce el peso del grano, de ahí la importancia de este parámetro.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza no mostraron diferencia estadística significativa para los tratamientos evaluados, aunque numéricamente existen diferencias entre los tratamientos tal y como se observa en el tratamiento dos, el cual muestra un peso de 34.03 g con la aplicación del fungicida Epoxiconazole 125 SC, mientras que el tratamiento tres es de 32.77 g. Bingham *et al.* (2012), obtuvo resultados superiores al evaluar el efecto de fungicidas en cebada. Gaurilčikienė (2004), menciona que al existir un aumento en el peso del grano a su vez se incrementa el rendimiento. Los resultados obtenidos son inferiores al valor medio de selección utilizado por el laboratorio del programa de cebada del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que es de 35 g.

Etapas fenológicas del cultivo en relación a los días después de la siembra

Durante el ciclo agrícola primavera-verano 2009 la presencia de roya de la hoja se presentó en el periodo de floración a espigamiento; el primer periodo corresponde al código seis de la escala de Zadoks, en esta etapa las condiciones ambientales no

TSW

The thousand seed weight is a function of size, density and uniformity of the grain and may vary depending on the density of the spike, agro-climatic conditions and soil fertility where grain is produced. If the weather conditions favor the development of diseases such as leaf rust and leaf spots, yield could be affected by reducing the leaf area development and especially if it affects the flag leaf. Between sixth and eighth stages of Zadoks *et al.* (1974), any problems of stress or disease damage reduced weight, hence the importance of this parameter.

The results obtained in the analysis of variance showed no statistically significant difference for the treatments evaluated, although numerically differences among treatments as shown in the two treatment, which shows a weight of 34.03 g with fungicide application of Epoxiconazole 125 SC, while the three treatment is 32.77 g. Bingham *et al.* (2012), obtained higher in assessing the effect of fungicides in barley. Gaurilčikienė (2004) mentioned that an increase in grain weight increases yields too. The results are lower than the mean value of selection used by the laboratory of barley program of the National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) which is 35 g.

Phenological stage of the crop relative to the days after sowing

During the spring-summer crop season, 2009 the presence of leaf rust occurred in the flowering period to spiking; the first term corresponds to the code six of Zadoks scale, in this stage the environmental conditions were not suitable for infection. However, in the stage seven, it showed a critical severity level reading 10 MR corresponding to a CIP of 4.21. The efficiency of fungicide used depends on the environmental conditions at the time of application. It is not recommended when the filling starts since the grain may influence the values of the quality parameters (Havlová *et al.*, 2006).

Tebuconazole 250 EW (experiment 2)

Uredia density

Applying Tebuconazole 250 EW was performed in the seventh stage of Zadoks. The severity and field response (Table 3) showed statistical significance between the

fueron adecuadas para la infección del patógeno. Sin embargo, en la etapa siete se observó un nivel crítico de severidad con una lectura de 10 MR que corresponda a un CIP de 4.21. La eficacia del uso de fungicidas depende de las condiciones ambientales presentes al momento de la aplicación. No se recomienda aplicar cuando inicia el llenado de grano debido a que podría influenciar los valores de los parámetros de calidad (Havlová *et al.*, 2006).

Tebuconazole 250 EW (experimento 2)

Densidad de uredias

La aplicación de Tebuconazole 250 EW se realizó en la etapa siete de la escala de Zadoks. La severidad y respuesta de campo (Cuadro 3), muestran significancia estadística entre los tratamientos con variación de 2.74 a 3.86 CIP; con un promedio de 3.13 de CIP (8 MR); resultados similares fueron reportados por Pereyra y Díaz, (2007). La segunda evaluación de la infección mostró valores bajos de la enfermedad, entre los tratamientos aplicados con variación de 0.25 a 0.43 CIP, mientras que el testigo sin aplicación mantuvo el nivel de infección de la primera lectura. Los tratamientos dos y uno mostraron lecturas de severidad y respuesta de campo de 1R y 1.5R, respectivamente. Estos resultados indican que el fungicida Tebuconazole 250 EW provee un buen control para la roya de la hoja; similar a lo observado por Sooväli y Koppel (2008), en el control de *H. teres* en cebada. En trigo, Gaurilčikienė (2004) encontró que Tebuconazole, es eficaz en el control de enfermedades foliares; no así cuando se reduce la dosis. Aplicar un fungicida de manera oportuna y en dosis adecuada incrementa las probabilidades de control, reduciendo las dosis y los costos de producción (Tlagre *et al.*, 2011).

treatments with varying 2.74 to 3.86 CIP; with an average of 3.13 of CIP (8 MR); similar results were reported by Pereyra and Díaz (2007). The second evaluation of infection showed low values of the disease, the treatments were applied with varying 0.25 to 0.43 CIP, while the control maintained the level of infection of the first reading. The first and second treatments showed readings of severity and field response of 1.5R and 1R, respectively. These results indicated that, the fungicide Tebuconazole 250 EW provides good control for leaf rust, similar to that observed by Sooväli and Koppel (2008), in the control of *H. teres* in barley. In wheat, Gaurilčikienė (2004) found that Tebuconazole is effective for controlling foliar diseases, not when the dose is reduced. Apply a fungicide in a timely and appropriate dose increases the likelihood of control, reducing doses and production costs (Tlagre *et al.*, 2011).

Grain yield

The variable grain yield showed high statistical significance between treatments. The treatments one and two with Tebuconazole 250 EW application had an increase of 11.5 and 4.5% respectively. The third treatment was superior to the control, while the commercial control (Tilt 250 EC) had an increase of 3.5%. Several studies indicate an increase in grain yield when applying fungicides against a control, without justifying the application tolerant varieties (Janczak and Pokacka, 1986; Sooväli and Koppel, 2009; Bingham *et al.*, 2012). Jørgensen (2008) reported an increase in barley yield from 0.5 to 1 t ha⁻¹, depending on the incidence of the disease.

Cuadro 3. Comportamiento promedio de la aplicación del fungicida Tebuconazole 25 EW para el control de roya de hoja (*Puccinia hordei* Otth).

Table 3. Average behavior of the application of the fungicide Tebuconazole 25 EW for controlling leaf rust (*Puccinia hordei* Otth).

Tratamientos	Dosis (mL ha ⁻¹)	Coeficiente de infección promedio (CIP)		Rend. grano (kg ha ⁻¹)	Peso hect. (kg hL)	Peso de mil granos (g)
		1 ^a	2 ^a			
1 Tebuconazole 250 EW	500	2.85 a	0.30 b	4,363 b	57.15 a	32.40 a
2 Tebuconazole 250 EW	450	3.18 a	0.25 b	4,652 a	57.33 a	32.52 a
3 Tebuconazole 250 EW	400	2.74 b	0.43 b	4,124 c	55.58 b	31.14 b
4 Tilt 250 CE	500	3.05 a	0.37 b	4,321 b	57.47 a	32.60 a
5 Testigo	-	3.86 a	3.33 a	4,175 c	56.90 a	32.32 a
Promedio		3.13	0.94	4,326.70	56.89	32.20
LSD ($\alpha=0.05$)		1.07	0.62	198.34	1.25	0.89
CV		27.15	52.38	3.64	1.74	2.20

Valores con letras distintas son estadísticamente diferentes $\alpha=0.05$.

Rendimiento de grano

La variable rendimiento de grano, mostró significancia estadística alta entre los tratamientos evaluados. Los tratamientos dos y uno con aplicación de Tebuconazole 250 EW, tuvieron un incremento del 11.5 y 4.5% respectivamente. El rendimiento del tratamiento tres fue superior al testigo sin aplicar; mientras que el testigo comercial (Tilt 250 CE), tuvo un incremento de 3.5%. Diversos estudios indican un incremento del rendimiento de grano al aplicar fungicidas con relación al testigo sin aplicar, sin que se justifique la aplicación en variedades tolerantes (Janczak y Pokacka, 1986; Sooväli y Koppel, 2009; Bingham *et al.*, 2012). Jørgensen (2008), reporta un incremento en el rendimiento de cebada de 0.5 a 1 t ha⁻¹, dependiendo de la incidencia de la enfermedad.

Peso por hectolitro

El análisis de varianza del parámetro peso por hectolitro fue estadísticamente significativo. El tratamiento tres tuvo el menor valor de los tratamientos evaluados; el valor más alto correspondió al tratamiento dos. Las variaciones numéricas van de 55.58 a 57.44 kg hL; cuatro de los tratamientos cumplen con la norma oficial mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003, mientras que el tratamiento tres (400 mL de Tebuconazole 250EW) está por debajo de lo que marca la norma (56 kg hL) para la compra de grano de cebada maltera. Las afectaciones en la calidad del grano limitan su comercialización para producción de malta (Havlová *et al.*, 2006).

Peso de mil granos

Los análisis de varianza para esta variable mostraron significancia estadística entre los tratamientos. La información numérica muestra una variación de 31.14 a 32.60 gramos por cada mil granos; los valores están por debajo del valor (35 g) que utiliza como base el laboratorio de cebada del INIFAP. Aun así, los tratamientos dos y uno tratados con Tebuconazole 250 EW tuvieron 32.52 y 32.40 gramos por 1000 granos, respectivamente. El Tratamiento tres tiene peso inferior al testigo sin aplicar; mientras que el tratamiento cuatro (Tilt), fue el que mostró el mayor valor para esta variable (Cuadro 3). Resultados obtenidos al evaluar el efecto de fungicidas a base de tebuconazole en cebada y otros cereales indican que existe un incremento en el peso y el rendimiento final (Sooväli y Kooppel, 2009; Sooväli y Kooppel, 2011; Bingham *et al.*, 2012); esta ganancia se debe al incremento en el peso de mil granos (Gaurilčikienė, 2004).

Weight per hectolitre

The analysis of variance of the parameter hectoliter weight was statistically significant. The treatment three had the lowest value of the treatments evaluated; the highest value corresponded to treatment two. The numerical variations ranging from 55.58 to 57.44 kg.hL, four treatments comply with the Official Mexican Standard NMX-FF-043-SCFI-2003, while treatment three (400 mL Tebuconazole 250 EW) is below the standard (56 kg.hL) for the purchase of malting barley grain. The effects on grain quality limit their marketing for malting (Havlová *et al.*, 2006).

TSW

The analysis of variance for this variable showed statistical significance between treatments. Numerical information showing a variation of 31.14 to 32.60 g per thousand grains, the values are below the value (35 g) used as a base in the laboratory of the INIFAP. Still, the treatments one and two treated with Tebuconazole 250 EW were 32.52 and 32.40 grams per 1000 grains, respectively. Treatment three is underweight compared to the control, while treatment four (Tilt), was the one that showed the highest value for this variable (Table 3). Results obtained evaluating the effect of Tebuconazole fungicides in barley and other cereals indicate that there is an increase in weight and final yield (Sooväli and Kooppel, 2009; Sooväli and Kooppel, 2011; Bingham *et al.*, 2012); this gain is due to the increase in the thousand seeds weight (Gaurilčikienė, 2004).

Phenological stage of the crop relative to the days after sowing

The presence of *P. hordei* was presented at the critical level of severity in stage seven, with a degree of infection of 8 MR (CIP of 3.13%), with little variation between treatments. The second reading held at milk stage, showed a similar behavior between the treatments applied with Tebuconazole 250 EW while the commercial control had a field response severity of 2 R. In dough grain stage (stage 8), there was no evidence of re-infection of leaf rust, while the controls had a field response of 10 MR to 10 MS, indicating that a single application the fungicide is effective for disease control similar to that observed by Sooväli and Koppel (2008).

Etapas fenológicas del cultivo en relación a los días después de la siembra

La presencia de *P. hordei* se presentó en el nivel crítico de severidad en la etapa siete, con un grado de infección de 8 MR (CIP de 3.13%), existiendo poca variación entre los tratamientos. La segunda lectura realizada en estado lechoso, mostró un comportamiento similar entre los tratamientos aplicados con Tebuconazole 250 EW, mientras que el testigo comercial tuvo una severidad y respuesta de campo de 2 R. En la etapa de grano masoso (etapa 8), no se observaron indicios de reinfección de roya de la hoja, mientras que los testigos comercial y sin aplicación presentaban una severidad y respuesta en campo de 10 MR a 10 MS, indicando que una sola aplicación del fungicida es efectiva para el control de la enfermedad similar a lo observado por Sooväli y Koppel (2008).

Pointer 250 SC (experimento 3)

Densidad de uredias

Se evaluaron los niveles de infección de la roya de la hoja en el cultivo de cebada antes de la aplicación del fungicida Pointer 250 SC; la etapa fenológica del cultivo se encontraba en el código 7 (grano lechoso) de la escala de Zadoks. Se observó un coeficiente de infección (CIP) con una variación de 2.46 a 4.02 (Cuadro 4). De acuerdo con Pereyra y Díaz (2007), éstos valores están dentro del criterio del nivel crítico de severidad y corresponden a una severidad y respuesta de campo de 6.5 MR a 10 MR. El testigo sin aplicar, muestra un incremento de la infección ocho días después de la primera lectura mientras que en los demás tratamientos se observa una disminución de la infección. El testigo comercial (Folicur 250 SC) mostró el valor más bajo de CIP (0.32) con relación a los tratamientos de Pointer 250 SC. Éste comportamiento es debido a que Folicur contiene Tebuconazole, cuya eficacia se ha reportado para el control de enfermedades foliares en cebada y otros cereales (Gaurilčikienė, 2004; Sooväli y Koppel, 2008; Sooväli y Koppel, 2009); además, su modo de acción es tanto sistémico como de contacto; en cambio Pointer solo es sistémico.

Rendimiento de grano

El análisis de varianza para rendimiento de grano, mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados; siendo el tratamiento uno el de menor rendimiento. Los rendimientos de las parcelas tratadas con Pointer 250 SC tuvieron valores inferiores al testigo comercial y sin aplicar; aunque no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

Pointer 250 SC (experimento 3)

Uredia density

We assessed the levels of infection of leaf rust in barley cultivation before the application of the fungicide Pointer 250 SC, the phenological stage of the crop was in Code 7 (milky) according to the Zadoks scale. Showing a coefficient of infection (CIP) with a variation of 2.46 to 4.02 (Table 4). According to Díaz and Pereyra (2007), these values are within the discretion of the critical level of severity and correspond to severity and response to field of 6.5 MR to 10 MR. The control showed an increase of the infection eight days after the first reading while the other treatments decreased. The commercial control (Folicur 250 SC) showed the lowest value of CIP (0.32) with respect to the treatment of Pointer 250 SC. This behavior is due that Folicur contains Tebuconazole, whose efficacy has been reported to control foliar diseases in barley and other cereals (Gaurilčikienė, 2004; Sooväli and Koppel, 2008; Sooväli and Koppel, 2009), in addition, their mode of action is systemic and contact, while Pointer is only systemic.

Grain yield

The analysis of variance for grain yield showed significant statistical differences between the treatments evaluated; being the treatment one with the lowest treatment performance. The yields of plots treated with Pointer 250 SC were lower than the control, although there is no statistical difference between the treatment two, three, four and five. The commercial control (Folicur 250 SC) was the best treatment, when compared with the control; its superiority in performance is 2.3% (Table 4). The lower yields observed in treatments applied with Pointer 250, probably due to the mode of action of the product, which is based on Flutriafol, the group of triazoles and has not reported results indicating adequate control of the disease. While fungicides from the triazole group containing Tebuconazole have been reported as suitable for the control of leaf rust, increasing the final grain yield (Gaurilčikienė, 2004; Sooväli and Koppel, 2009; Sooväli and Koppel, 2011).

Weight per hectolitre

The hectoliter weight or volume showed statistically significant differences between the treatments. The values ranged from 54.79 to 57.17 kg.hL with the exception

dos, tres, cuatro y cinco. El testigo comercial (Folicur 250 SC) fue el mejor tratamiento; al compararlo con el testigo sin aplicar, su superioridad en el rendimiento es 2.3% (Cuadro 4). Los menores rendimientos observados en los tratamientos aplicados con Pointer 250, probablemente sea debida al modo de acción del producto, la cual es a base de Flutriafol, del grupo de los triazoles y no se ha reportado resultados que indiquen un adecuado control de la enfermedad. Mientras que los fungicidas del grupo de los triazoles que contienen tebuconazole se ha reportado como adecuados para el control de roya de la hoja, incrementando el rendimiento final de grano (Gaurilčikienė, 2004; Sooväli y Koppel, 2009; Sooväli y Koppel, 2011).

of treatment one (2.16%), the other treatments comply with the requirements of the official Mexican norm for this cereal MNX-FF-043-SCFI-2003 (Table 4). The treatment two had the highest weight per hectolitre, the treatment four (Folicur) came in second with a value of 56.41 kg.hL.

TSW

The results of the analysis of variance for thousand seeds weight showed no statistically significant difference between the treatments. The average values of this test

Cuadro 4. Comportamiento promedio del fungicida Pointer 250 SC, en el control de roya de la hoja (*Puccinia hordei* Otth).
Table 4. Average behavior of Pointer 250 SC fungicide controlling the leaf rust (*Puccinia hordei* Otth).

Tratamiento producto	Dosis (mL ha ⁻¹)	Coeficiente de infección promedio (CIP)		Rend. grano (kg ha ⁻¹)	Peso hect. (kg hL)	Peso mil granos (g)
		1 ^a	2 ^a			
1 Pointer 250 SC	500	2.93 a	0.58 b	3,629 b	54.79 b	29.98 a
2 Pointer 250 SC	450	3.77 a	0.96 b	4,104 a	57.17 a	31.97 a
3 Pointer 250 SC	400	4.02 a	0.43 bc	4,057 a	56.03 ab	30.82 a
4 Folicur 250 SC	500	2.87 a	0.32 c	4,225 a	56.41 a	31.29 a
5 Testigo sin aplicación	-	2.46 a	3.74 a	4,131 a	56.27 a	31.13 a
Promedio	-	3.21	1.20	4,029.5	56.13	31.04 a
LSD ($\alpha=0.05$)	-	2.02	1.65	369.19	1.26	1.79
CV		50.01	108.5	7.27	1.78	4.58

Valores con letras distintas son estadísticamente diferentes $\alpha=0.05$.

Peso por hectolitro

El peso por hectolitro o volumétrico mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Los valores variaron de 54.79 a 57.17 kg hL. Con excepción del tratamiento uno (2.16%), los demás tratamientos cumplen con lo estipulado en la norma oficial mexicana para este cereal MNX-FF-043-SCFI-2003 (Cuadro 4). El tratamiento dos fue el de mayor peso por hectolitro; el tratamiento cuatro (Folicur) se ubicó en la segunda posición con un valor de 56.41 kg hL.

(Table 4) are lower than the mean value (35 g) used to select rainfed barley in the laboratory of the INIFAP. The treatment two showed the best result while treatment four (Folicur) occupied the second position.

Phenological stage of the crop relative to the days after sowing

The development of leaf rust occurred during the flowering stage of tasseling, sixth stage of the Zadoks scale, with an incipient infection, because they did not take adequate

Peso de mil granos

Los resultados del análisis de varianza para peso de mil granos, no mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. Los valores medios obtenidos de este ensayo (Cuadro 4) son inferiores al valor medio (35 g) utilizado para seleccionar cebadas de temporal aplicados en el laboratorio de cebada del INIFAP. El tratamiento dos mostró el mejor resultado mientras que el tratamiento cuatro (Folicur) ocupó la segunda posición.

Etapas fenológicas del cultivo en relación de los días después de la siembra

El desarrollo de la roya de la hoja se presentó durante la etapa de floración a espigamiento, etapa seis de la escala de Zadoks, con una incipiente infección, debido a que no se tuvieron condiciones adecuadas de temperatura y humedad para su desarrollo (Schoeffl, *et al.*, 1994). En la etapa siete, el nivel de severidad fue de 8 MR (CIP de 3.21%), con una variación de 6.5 a 10 MR. La segunda observación de la infección se realizó en la etapa 7.5 (grano lechoso), obteniéndose una variación de 1 a 2.5 MR entre los tratamientos a los que se les aplicó Pointer, mientras que el testigo sin aplicar tuvo una infección de 10 MR. En la etapa 8 (grano masoso) los valores de infección de la enfermedad tenían valores de 5 MS a 20 MS en algunas parcelas y en otras no había indicios de infección.

La utilización de genotipos resistentes a enfermedades es una excelente alternativa para asegurar una adecuada producción. Sin embargo, obtener esta resistencia en ocasiones resulta difícil por lo que la aplicación de fungicidas se convierte en una alternativa para controlar de manera efectiva las enfermedades. La exploración de nuevos fungicidas presentes en el mercado es esencial pues permite utilizar productos con diferente ingrediente activo o modo de acción evitando generar resistencia al fungicida (Walter, 2010).

Conclusiones

La efectividad biológica del fungicida Epoxiconazole 125 SC en el control de roya de la hoja en cebada causado por el hongo *Puccinia hordei* Otth., mostró buenos resultados en los tres tratamientos aplicados; los resultados en la efectividad del control de la roya de la hoja fueron superiores a los del testigo comercial Tilt 250 EC, siendo la dosis de 750 mL ha⁻¹ donde se obtuvieron los mejores resultados.

temperature and moisture for development (Schoeffl *et al.*, 1994). In step seven, the severity level was 8 MR (CIP 3.21%), ranging from 6.5 to 10 MR. The second observation of the infection was performed in step 7.5 (milky), resulting in a variation of 1 to 2.5 MR between the treatments that were applied with Pointer, while the control had an infection of 10 MR. In step 8 (dough grain) the values for disease infection had values of 5 to 20 MS in some places and in others there was no evidence of infection at all.

The use of disease-resistant genotypes is an excellent alternative to ensure adequate production. However, obtaining this resistance is sometimes difficult so fungicide application becomes an alternative to effectively control the disease. Exploring new fungicides on the market is essential because it allows us to use products with a different active ingredient or mode of action avoiding fungicide resistance (Walker, 2010).

Conclusions

The biological effectiveness of Epoxiconazole 125 SC fungicide to control leaf rust in barley caused by the fungus *Puccinia hordei* Otth., showed good results in the treatments three and the results on the effectiveness of the control of leaf rust were higher than the commercial control Tilt 250 EC, with the dose of 750 mL ha⁻¹ where the best result were obtained.

The biological effectiveness of Tebuconazole 250 EW fungicide to control leaf rust caused by *P. hordei* was superior to the commercial control Tilt 250 EC. The dose for the control of the disease was up to 450 mL ha⁻¹.

In the treatments where the fungicide Pointer 250 SC was applied, there was no adequate control of the disease, so the commercial control Folicur 250 SC continues to be the best alternative in the control of leaf rust.

The results allowed us to recommend the fungicides Tebuconazole (450 mL ha⁻¹) and Epoxiconazole (750 mL ha⁻¹), as alternative products to control leaf rust in barley.

End of the English version



La efectividad biológica del fungicida Tebuconazole 250 EW para controlar la roya de la hoja causada por *P. hordei* fue superior al testigo comercial Tilt 250 CE. La dosis más adecuada para el control de la enfermedad corresponde a 450 mL ha⁻¹ de Tebuconazole.

En los tratamientos donde se aplicó el fungicida Pointer 250 SC, no se observó un control adecuado de la enfermedad, por lo que el testigo comercial Folicur 250 SC continua siendo la mejor alternativa en el control de la roya de la hoja.

Los resultados obtenidos permiten recomendar a los fungicidas Tebuconazole (450 mL ha⁻¹) y Epoxiconazole (750 mL ha⁻¹), como productos alternativos en el control de roya de la hoja en cebada.

Literatura citada

- Bingham, I. J.; Hoad, S. P.; Thomas, W. T. B. and Newton, A. C. 2012. Yield response to fungicide of spring barley genotypes differing in disease susceptibility and canopy structure. *Field Crops Res.* 139:9-19.
- Bingham, I. J.; Walters, D. R.; Foulkes, M. J. and Paveley, N. D. 2009. Crops traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease. *Ann. Appl. Biol.* 154(2):159-173.
- Butkutė, B.; Paplauskienė, V. and Gaurilčikienė, I. 2008. Efficacy of fungicide treatments on the winter wheat senescence, grain yield, protein concentration and yield. *Zemdirbyste-Agriculture.* 95(3):242-250.
- Conry, M. J. and Dunne, B. 1993. Effects of nitrogen timing and frequency of fungicide applications on grain yields of winter barley in Ireland. *United Kingdom. J. Agric. Sci.* 120(2):181-186.
- Das, M. K.; Griffey, C. A.; Baldwin, R. E.; Waldenmaier, C. M.; Vaughn, M. E.; Price, A. M. and Brooks, W. S. 2007. Host resistance and fungicide control of leaf rust (*Puccinia hordei*) in barley (*Hordeum vulgare*) and effects on grain yield and yield components. *Crop Protec.* 26(9):1422-1430.
- Dean, R.; Van Kan, J. A. L.; Pretorius, Z. A.; Hammond-Kosack, K. E.; Di Pietro, A.; Spanu, P. D.; Rudd, J. J.; Dickman, M.; Kahmann, R.; Ellis, J. and Foster, G. D. 2012. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Mol. Plant Pathol.* 13(4):414-430.
- Gaurilčikienė, I. 2004. Application of reduced doses of triazoles for the control of winter wheat leaf diseases. *Agriculture.* 88(4):156-169.
- Gullino, M. L. and Kuijpers, L. A. M. 1994. Social and political implications of managing plant diseases with restricted fungicides in Europe. *Ann. Rev. Phytopathol.* 32:559-579.
- Havlová, P.; Lancová, K.; Váňová, M.; Havel, J. and Hajšlová, J. 2006. The Effect of Fungicidal on Select Quality Parameters of Barley and Malt. *J. Agric. Food Chem.* 54(4):1353-1360.
- Janczak, C. and Pokacka, Z. 1986. Results of Field Experiments on Chemical Protection of Spring Barley in the Years 1979-85. *Ochrona Roslin.* 30(3):3-4.
- Jayasena, K. and Loughman, R. 2005. Leaf diseases of barley. *Farmnote* 65/2001. The Government of Western Australia. Department of Agriculture Western Australia, Albany and South Perth. 9 p.
- Marja, J. P. L. and Latvala, S. 2011. The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland. *Agric. Food Sci.* 20:62-73.
- Murray, G. M. and Brennan, J. P. 2010. Estimating disease losses to the Australian Barley industry. *Australasian Plant Pathol.* 39(1):85-96.
- Newton, A. C.; Flavell, A. J.; George, T. S.; Leat, P.; Mullholland, B.; Ramsay, L.; Revoredo-Giha, C.; Russell, J.; Steffenson, B. J.; Swanston, J. S.; Thomas, W. T. B.; Waugh, R.; White P. J. and Bingham, I. J. 2011. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Security.* 3(2):141-178.
- Pereyra, S.; M. Díaz. 2007. Uso de fungicidas para el control de roya de la hoja en cebada y trigo. *In: jornada técnica de cultivos de invierno.* Young. Abril 2007. Serie de Actividades de Difusión INIA 484. Uruguay. 15-20 pp.
- Schoeffl, V.; Zinkernagel, V.; Vereet; J. A. 1994. Decision support system to control puccinia hordei on barley based on disease threshold values and wather criteria (United Kingdom 1992 to 1993). *In: 46th International Symposium on Crop Protection,* Gen Belgium. 977-985 pp.
- Soovali, P. and Koppel, M. 2008. Influence of fungicides and variety resistance on fungal flora of barley grain. *Zemdirbyste-agriculture* 95(3):158-165.
- Soovali, P. and Koppel, M. 2009. Efficacy of fungicide tebuconazole in barley varieties with different resistance level. *Agric. Food Sci.* 19(1):34-42.
- Soovali, P. and Koppel, M. 2011. Timing of fungicide application for profitable disease management in oat (*Avena sativa* L.). *Zemdirbyste-Agriculture* 98(2):167-174.
- Tlagre, L.; Lauringson, E.; Vasar, V. and Roostalu, H. 2006. The effect of pests on the yield and economical value of cereals. *Agron. Res.* 4:407-411.
- van Niekerk, B. D.; Pretorius, Z. A. and Boshoff, W. H. P. 2001. Potential yield losses caused by barley rust and oat leaf and stem rust to South African barley and oat cultivars. *South Afr. J. Plant Soil.* 18(3):108-113.
- Walter, H. 2010. New fungicides and new modes of action. *In: Dehne, H. W.; Deising, H. B.; Gisi, U.; Kuck, K. H.; Russell, P. E. and Lyr, H. (Eds.). Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI. Proceedings of the 16th International Reinhardtsbrunn Symposium April 25-29, 2010, Friedrichroda, Germany.* 438 p.
- Walters, D. R.; Avrova, A.; Bingham, I. J.; Burnett, F. J.; Fountaine, J.; Havis, N. D.; Hoad, S. P.; Hughes, G.; Looseley, M.; Oxley, S. J. P.; Renwick, A.; Topp, C. F. E. and Newton, A. C. 2012. Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach. *Eur. J. Plant Pathol.* 133(1):33-73.
- Woldeab G.; Fininsa, C.; Singh, H.; Yuen J. and Crossa, J. 2007. Getaneh Woldeab, Chemeda Fininsa, Harjit Singh, Jonathan Yuen, Jose Crossa. Variation in partial resistance to barley leaf rust (*Puccinia hordei*) and agronomic characters of Ethiopian landrace lines. *Euphytica* 158(1-2):139-151.
- Zadoks, J. C.; Chang, T. T. and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research.* 14(6):415-421.