

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Escuela de Ingeniería Agronómica

EFFECTO DE DOSIS Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO
COMPLEMENTARIO EN CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.)
VARIEDAD METCALFE. IMBABURA.

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA

DANIELA ANTONIETA ALBÁN MERINO

QUITO- ECUADOR

2011

7. RESUMEN

El cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el cuarto cereal más cultivado a nivel mundial (FAOSTAT, 2009). Este cultivo se destina, principalmente, para la alimentación humana, consumo animal y en la industria de la elaboración de malta (Arias, 1995). En Ecuador la demanda de cebada para consumo humano, es casi satisfecha con la producción local. Sin embargo, la industria cervecera importa alrededor de 30 000 t anuales de cebada para procesamiento industrial (Banco Central del Ecuador, 2010). En el año 2009, el Programa de Cereales del INIAP en convenio con Cervecería Nacional, seleccionó a la variedad Metcalfe, como resultado de un estudio de adaptación de variedades de cebada cervecera. La identificación de una variedad no garantiza una producción que cumpla con los requisitos exigidos por la industria. Una de las características más importantes es el contenido de proteína en el grano que debe ser del 10 al 12%, (Giménez *et al.*, 2007; Lazzari *et al.*, 2001; Arias, 1996). Por esta razón, en las variedades cerveceras se debe prestar mayor atención a la fertilización nitrogenada que es el factor determinante para asegurar altos rendimientos, buena calidad maltera y bajos costos de producción, (Lazzari *et al.*, 2001). En esta investigación se planteó desarrollar una tecnología adecuada para el manejo de la fertilización nitrogenada complementaria en cebada cervecera mediante un estudio de absorción de nitrógeno. La información generada permite conocer la etapa de mayor asimilación del nutriente, asegurando que la cantidad de nitrógeno que el cultivo puede aprovechar sea mayor y al mismo tiempo minimizando el riesgo de afectar negativamente al ambiente, (Castro, 2004; Bertsch, 2005). Considerando estos antecedentes se plantearon los siguientes objetivos: Establecer la dosis óptima de nitrógeno complementario y la época de aplicación más adecuada para conseguir el mejor rendimiento y contenido de proteína del grano de cebada. Determinar la absorción de nitrógeno del cultivo de cebada cervecera. Realizar el análisis financiero de los tratamientos en estudio.

Para desarrollar esta investigación se implementaron dos ensayos en zonas representativas de la producción cebadera en la provincia de Imbabura. Los experimentos se establecieron en la Hcda. Cobuendo (2340 msnm) ubicada en el cantón Antonio Ante y en la Hcda. Pisangacho (2700 msnm) situada en el cantón Urcuquí. Las localidades se encuentran en una región climática Seco Templada con una temperatura promedio anual de 15.8 °C, una precipitación acumulada anual 620.9 mm y una humedad relativa promedio anual de 82 %.

Los factores en estudio fueron: épocas de aplicación y dosis de nitrógeno complementario. Las etapas fenológicas de aplicación del fertilizante nitrogenado fueron macollamiento, Zadoks 22 (Z22) y producción de nudos, Zadoks 30 (Z30), se evaluaron niveles crecientes de nitrógeno complementario (0, 25, 50, 75, 100 y 125 kg N/ha). Como fuente de nitrógeno se utilizó fosfato diamónico (18% N, 46% P₂O₅) y úrea (46% N). El fosfato diamónico también actuó como fuente de fósforo. La fuente de potasio, azufre y magnesio fue sulpomag (22% K₂O, 22% S, y 11% Mg).

El tamaño de las parcelas fue de 21 m² (7mx3m), en el experimento se utilizó un Diseño de Parcela Dividida con tres repeticiones, ubicándose en la Parcela Grande (PG) las épocas de aplicación y en la Sub-Parcela las dosis de nitrógeno complementario.

Una vez delimitadas las parcelas, la siembra se realizó de forma manual al boleó a una densidad de 135 kg/ha. El fertilizante químico fue aplicado manualmente en cada una de las unidades experimentales y de acuerdo a las dosis establecidas. Al momento de la siembra se aplicó todo el fósforo, potasio, azufre y magnesio. La cantidad de nitrógeno aplicado en la siembra fue 25 kg/ha. Posteriormente se realizó aplicaciones de fertilizante nitrogenado complementario en las etapas fenológicas Z22 y Z30.

El control de “Roya amarilla” (*Puccinia striiformis* f.sp. *hordei*) y “Roya de la hoja” (*Puccinia hordei*), fue realizado con Propiconazol a una dosis de un litro por hectárea. A los 45 días se aplicó 15 g/ha de Metsulfurón metil para el control de malezas de hoja ancha.

Cuando el cultivo alcanzó la madurez completa del grano se realizó la cosecha de forma manual, posteriormente el material fue trillado mecánicamente.

En las dos localidades al momento de la cosecha se evaluaron las variables: altura de plantas, rendimiento, componentes de rendimiento (número de granos por espiga, número de espigas por planta y peso de mil granos), peso hectolítrico y porcentaje de proteína. Adicionalmente en Cobuendo se realizó cuatro muestreos de la biomasa aérea total durante el ciclo del cultivo (macollamiento, producción de nudos, espigamiento y madurez fisiológica), se determinó PMF, PMS, extracción de nitrógeno y el índice de cosecha.

Al realizar el análisis estadístico de las variables, se determinó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) y altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) para el factor niveles de

Nitrógeno (N) y el efecto lineal. El factor Épocas de aplicación (E) y la interacción E x N no presentaron diferencias estadísticas.

En la localidad de Cobuendo, el factor niveles de Nitrógeno (N), presentó diferencias altamente significativas para las variables: altura de planta, número de espigas por planta, rendimiento, porcentaje de proteína, PMF, PMS y nitrógeno extraído. Las variables índice de cosecha y número de granos por espiga, presentaron diferencias significativas. En Pisangacho el factor niveles de Nitrógeno (N), presentó diferencias altamente significativas para las variables: altura de planta, número de granos por espiga, número de espigas por planta, rendimiento y porcentaje de proteína.

En las dos localidades se observó en general una tendencia lineal positiva para Nitrógeno; es decir que, al aumentar las dosis de nitrógeno existe un incremento en las unidades de las variables evaluadas. Sin embargo, con la aplicación del nivel de 125 kg N/ha se observó una ligera disminución de las unidades de las variables, probablemente este comportamiento pudo presentarse al aumentar excesivamente la concentración de Nitrógeno en la planta, ocasionando un efecto tóxico o desequilibrio entre nutrimentos, (Bertsch, 1995).

El análisis del coeficiente de correlación (Pearson) para cada variable en función del rendimiento determinó en la localidad de Cobuendo una correlación altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$) para las variables: altura de plantas, número de granos por espiga, número de espigas por planta, PMF, PMS, y nitrógeno extraído, es decir que a medida que aumentan los valores de estas variables incrementa el rendimiento en proporción constante. Peso de 1000 granos y porcentaje de proteína, presentaron una correlación significativa ($\alpha \leq 0.05$). El peso hectolítrico y el índice de cosecha presentaron una correlación no significativa. En Pisangacho se obtuvo una correlación altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$) para altura de plantas, número de granos por espiga, peso de 1000 granos y porcentaje de proteína; por otro lado el número de espigas por planta presentó una correlación significativa ($\alpha \leq 0.05$) y peso hectolítrico una correlación no significativa. El peso hectolítrico en ambas localidades presentó una correlación negativa, a pesar de no encontrar diferencias estadísticas, esto indica que mientras el rendimiento aumenta el peso hectolítrico disminuye.

Los resultados del análisis financiero mostraron que en la localidad de Cobuendo el nivel de 25 kg N/ha fue más rentable, ya que presentó una TRM de 318.89%; mientras que, para Pisangacho el valor más alto fue el nivel de 75 kg N/ha con una TRM de 439.72%.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que:

En las dos localidades, el cultivo respondió positivamente a la fertilización nitrogenada complementaria. Los mejores rendimientos se consiguieron con la aplicación de 100 kg N/ha; sin embargo, las dosis de nitrógeno complementario de 25 y 50 kg N/ha proporcionaron niveles de proteína requeridos por la industria en la localidad de Cobuendo y en Pisangacho se consiguió un contenido de proteína en el grano entre el 10 y 12% con las dosis de 25, 50 y 75 kg N/ha.

El estudio de absorción de nitrógeno realizado en la localidad de Cobuendo, permitió mostrar que la acumulación de nitrógeno en la biomasa aérea total en función del tiempo, presentó una tendencia sigmoidea típica. La acumulación de nitrógeno en la biomasa aérea total se ajustó a una regresión logística normal ($y = \frac{a}{1+b \cdot e^{(-c \cdot x)}}$). La absorción de nitrógeno en la biomasa aérea total fue 223.81 kg N/ha y la cantidad de nitrógeno extraído en el grano fue 149.09 kg N/ha.

En función de los resultados obtenidos en este experimento, considerando los parámetros de calidad exigidos por la industria y de acuerdo al análisis financiero, en la localidad de Cobuendo se recomienda la aplicación de 25 kg N/ha y para Pisangacho se sugiere la aplicación de 75 kg N/ha. Las dosis recomendadas pueden ser aplicadas en lugares que presenten características similares a estos suelos. Descriptores: Fenología, Proteína, Fertilización, Nutrición, Biomasa.

SUMMARY

The cultivation of barley (*Hordeum vulgare* L.) is the fourth most widely grown cereal in the world (FAOSTAT, 2009). This cultivar is intended primarily for human consumption, animal consumption and the processing industry of Malta (Arias, 1995). In Ecuador, the demand for barley for human consumption is almost satisfied by local production. However, the brewing industry imports around 30 000 t per year of barley for industrial processing (Banco Central del Ecuador, 2010). In 2009, el Programa de Cereales (INIAP) in partnership with Cervecería Nacional, Metcalfe variety selected as a result of a study of adaptation of varieties of malting barley. The identification of a variety does not guarantee a production that meets the requirements of the industry. One of the most important is the protein content in the grain must be 10 to 12% (Giménez et al., 2007, Lazzari et al., 2001; Arias, 1996). For this reason, beer varieties should pay more attention to nitrogen fertilization is the key factor to ensure high yields, good malting quality and low production costs, (Lazzari et al., 2001). This research aims to develop appropriate technology for the management of supplementary nitrogen fertilization in barley beer through a study of nitrogen uptake. The information generated allows to know the stage of greater assimilation of nutrients, ensuring that the amount of nitrogen that the crop may be greater benefit while minimizing the risk of adversely affecting the environment, (Castro, 2004; Bertsch, 2005). Considering the foregoing are the following objectives: To establish the optimal dose of supplemental nitrogen application and time most appropriate to achieve the best performance and protein content of barley grain. To determine the uptake of nitrogen malting barley crop. Perform financial analysis of the treatments under study.

To develop this research were implemented in two trials representative of the production areas cebadera in Imbabura province. The experiments were established in the Hcda. Cobuendo (2340 m) located in the cantón Antonio Ante and the Hcda. Pisangacho (2700 m) located in the cantón Urcuquí. The localities are in a dry climate region Heated with an average temperature of 15.8 ° C, annual accumulated rainfall 620.9 mm and annual average relative humidity of 82%.

The factors studied were: time of application and dose of supplemental nitrogen. Phenological stages of application of nitrogen fertilizer were tillering, Zadoks 22 (Z22) and production of nodes, Zadoks 30 (Z30); increasing levels of supplemental nitrogen (0, 25, 50, 75, 100 and 125 kg N / ha) were evaluated. As a source of nitrogen was used diammonium phosphate (18% N 46% P₂O₅) and úrea (46% N).

Diammonium phosphate also acted as a source of phosphorus. The source of potassium, sulfur and magnesium was sulphomag (22% K₂O, 22% S, and 11% Mg).

The plot size was 21 m² (7x3 m) in the experiment used a split plot design with three replications, standing in large plots (PG) times of operation and in the Sub-Plot supplemental doses of nitrogen.

Once demarcated plots, planting is done manually by bowling at a density of 135 kg/ha. The chemical fertilizer was applied manually at each of the experimental units and according to the limits specified. At the time of sowing was applied around the phosphorus, potassium, sulfur and magnesium. The amount of nitrogen applied at planting was 25 kg / ha. Subsequently performed additional nitrogen fertilizer applications in the Z22 and Z30 phenological stages.

The control of "yellow rust" (*Puccinia striiformis* f.sp. *hordei*) and "leaf rust" (*Puccinia hordei*) was performed with propiconazole at a dose of one liter per hectare. At 45 days was applied 15 g/ha Metsulfuron methyl for control of broadleaf weeds.

When the culture reached full maturity of the grain harvest was done manually, then the material was threshed mechanically.

In the two locations at the time of harvest variables were evaluated: plant height, yield, yield components (number of grains per spike, number of spikes per plant and weight of thousand grains), test weight and protein percentage. Additionally, in Cobuendo four samples of the total biomass during the crop cycle (tillering, nodes producing, tasseling and physiological maturity). Fresh matter weight, dry matter weight, nitrogen removal and harvest index were determined.

When performing statistical analysis of the variables, significant differences ($\alpha \leq 0.05$) and highly significant ($\alpha \leq 0.01$) for the factor levels of nitrogen (N) and the linear effect. The time of application factor (E) and E x N interaction were not statistically different.

In the town of Cobuendo, the factor levels of nitrogen (N), showed highly significant differences for the variables plant height, number of spikes per plant, yield, protein percentage, PMF, PMS and nitrogen removal. Variables harvest index and number of grains per spike showed significant differences. Pisangacho factor in levels of

nitrogen (N), showed highly significant differences for the variables plant height, number of grains per spike, number of spikes per plant, yield and protein percentage.

In both locations there was generally a positive linear trend for nitrogen, that increasing doses of nitrogen there is an increase in the units of the variables evaluated. However, the implementation of the level of 125 kg N/ha there was a slight decrease in the units of the variables, probably this behavior might appear excessively increasing the concentration of nitrogen in the plant, causing a toxic or nutrient imbalance (Bertsch, 1995).

The analysis of the correlation coefficient (Pearson) for each variable determined according to performance in the town of Cobuendo a highly significant correlation ($\alpha \leq 0.01$) for the variables plant height, number of grains per spike, number of spikes per plant, PMF, PMS, and nitrogen removed, meaning that as they increase the values of these variables increases the performance in constant proportion. 1000 grain weight and percentage of protein, showed a significant correlation ($\alpha \leq 0.05$). The test weight and harvest index showed a significant correlation. In Pisangacho yielded a highly significant correlation ($\alpha \leq 0.01$) for plant height, number of grains per spike, 1000 grain weight and percentage of protein, on the other hand the number of spikes per plant showed a significant correlation ($\alpha \leq 0.05$) and a correlation test weight was not significant. The test weight at both locations showed a negative correlation, although no statistical differences were found, indicating that increases performance while decreasing test weight.

The results of financial analysis showed that in the town of Cobuendo the level of 25 kg N/ha was more profitable, since it presented a TRM of 318.89%, while for the highest value Pisangacho was the level of 75 kg N/ha, TRM has a 439.72%.

According to the results concluded that:

In both locations, the crop responded positively to supplemental nitrogen fertilization. The best yields were achieved with the application of 100 kg N / ha, but supplemental nitrogen doses of 25 and 50 kg N / ha gave protein levels required by the industry in the town of Pisangacho Cobuendo and was achieved protein content in the grain between 10 and 12% with doses of 25, 50 and 75 kg N / ha.

The study of absorption of nitrogen held in the town of Cobuendo, possible to show that the accumulation of nitrogen in the total biomass with time, showed a trend typical sigmoid. The accumulation of nitrogen in the total biomass was adjusted to a

standard logistic regression ($y = \frac{a}{1+b \cdot e^{(-c \cdot x)}}$). The absorption of nitrogen in the total biomass was 223.81 kg N/ha and the amount of nitrogen removed in grain was 149.09 kg N/ha.

Depending on the results of this experiment, considering the quality parameters required by industry and according to financial analysis, in the town of Cobuendo recommended the application of 25 kg N/ha and Pisangacho suggested the application of 75 kg N/ha. Recommended doses can be applied in places that have similar characteristics to these soils. Key words: Phenology, Protein, Fertilization, Nutrition, Biomass.