

EFFECTO DE SALITRE SODICO Y UREA EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE CEBADA MALTERA, EN SUELOS DE LA IX REGION¹

Effect of sodium nitrate and urea on yield and quality of malting barley on soils of the IX Region (Chile)

Amelia Peyrelongue C.² y Carlos Toro Q.²

SUMMARY

The effect of 3 rates, 2 sources, and application dates of nitrogen was evaluated on yield, grain quality, and malting quality on two barley cultivars. The study was conducted in an Andisol with the cv. Granifén and in an Ultisol with the cv. Libra in the IX Region, Chile, during the 1988/89 growing season.

Treatments were arranged in a split plot design for both soils, with N sources and application dates as a main plot, and N rates as subplots. Main plot treatments in the Andisol were as follows: urea applied 37 and 21 days before planting and sodium nitrate at planting time. Subplot treatments were 0, 50, 100, and 150 kg/ha of N.

In the Ultisol the main plot treatments were as follows: urea and sodium nitrate applied at planting time; urea applied 20 days before planting; and 50% of N rate applied before planting and the other 50% applied as sodium nitrate at planting time. The subplot treatments were 0, 50, and 100 kg/ha of N.

N rate significantly increased ($P \leq 0.01$) yield in both experiments. N rates above 50 kg/ha caused an increase in grain protein content and a reduction in grain plumpness, negatively affecting friability percentage, malt extract, and Kolbach index.

In the Andisol, both N sources and application dates did not have any effect ($P \leq 0.05$) on the evaluated parameters. In contrast, in the Ultisol both N sources and application dates showed a statistically significant effect ($P \leq 0.01$) on yield, grain protein content, and grain plumpness.

The different responses obtained with N sources and application dates in both soils are attributed to some soil characteristics as organic matter content, which affects the urea hydrolysis; and to the rainfall distribution throughout the growing season, as well as to the genotypic differences between cultivars.

Key words: barley, fertilizer, sodium nitrate, urea, urease, commercial yield, plumpness, hydrolysis, friability, malt extract, Kolbach Index.

INTRODUCCION

La fertilización en cebada para malta, debe considerar la obtención de un buen rendimiento y de un producto de calidad para su industrialización. El efecto de la fertilización nitrogenada, localidad y ambiente, en especial disponibilidad de agua, son

variables ya estudiadas (Schildbach, 1973a, 1973b, 1974a, Peyrelongue, 1983). Aplicaciones de N hasta 200 kg/ha, en diferentes localidades, han demostrado que al aumentar la dosis de este nutriente, no sólo se incrementa el rendimiento, sino que aumenta el contenido de proteína del grano (Beratto y Peyrelongue, 1986; Peyrelongue y Beratto, 1987), lo que determina una disminución en el extracto de malta y otras propiedades de calidad, como malla-je sobre la criba de 2,5 mm (Schildbach, 1986; Peyrelongue, 1989). También la fuente de N y su época de aplicación, es decisiva en rendimiento y calidad (Nutall y otros, 1989; Patridge y Ridley, 1974;

¹Recepción de originales: 24 de abril de 1991.

Trabajo presentado en el VI Congreso Nacional de las Ciencias del Suelo, Temuco, Chile, 14 al 16 de noviembre de 1990.

Estudio realizado a través del Convenio INIA-CCU.

²Estación Experimental Carillanca (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

Peyrelongue, 1989). En el país, tradicionalmente se ha utilizado salitre sódico y, datos preliminares de comparación entre éste y urea, demuestran una mayor eficiencia del salitre, cuando ambos fertilizantes se aplican a la siembra (Peyrelongue, 1990).

En la IX Región, la producción de cebada para malta se localiza en Andisoles de las macroáreas II, IV y V, y en Ultisoles de las macroáreas I y II. La mayor diferencia de clima que caracteriza el período entre siembra y cosecha, es la disponibilidad de agua (Rouanet, 1982).

La industria bonifica por calidad y castiga el precio del producto cuando de ésta es deficiente. Los castigos se realizan por mallaje, restos (granos e impurezas que pasan por la criba de 2,2 mm) y contenido de proteína del grano; las bonificaciones son sólo por mallaje y resto. El 80% de los granos debe ser de un diámetro igual o superior a 2,5 mm, se descuenta un 0,5% por cada 1% inferior a este valor; si el mallaje sobrepasa el 90%, se bonifica en la misma medida. El resto no debe superar a un 3%, se descuenta un 1% por sobre este valor y se bonifica cuando los restos son menores a 2%. El contenido de proteína no debe exceder al 11% base peso seco, descontándose un 0,2% por cada 0,1% que sobrepase a este valor; un 12% determina el rechazo del producto y, como se señalara, no se bonifica por este concepto. En consecuencia, es el contenido de proteína el que determina, en gran medida, la rentabilidad final del producto (Compañía Cervecerías Unidas S.A., Contrato de Compraventa de Cebada, 1990-1991).

Considerando las características de los suelos y localidades, así como los factores que condicionan la reacción de la urea en el suelo, se estudió el efecto de dosis crecientes de N, aplicadas como urea y salitre sódico en el rendimiento y calidad del grano de cebada para malta, en un Andisol y un Ultisol de la IX Región.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron dos experimentos de terreno, uno en un Andisol de la macroárea II, localidad de General López (Provincia de Cautín), y el segundo en un Ultisol de la macroárea I, localidad de Traiguén (Provincia de Malleco). En el Andisol, las fuentes y épocas de aplicación de N consideraron salitre sódico a la siembra (T_1) y urea aplicada previo a la siembra (T_2 : 37 días y T_3 : 21 días) en cuatro dosis: 0, 50, 100 y 150 kg/ha. En el Ultisol, se probó urea aplicada 20 días previo a ésta (T_1), y una combinación del 50% de la dosis como urea previo a la siembra y el 50% restante como salitre a la siembra (T_2), en dosis de 0, 50 y 100 kg/ha de N. Estas mismas dosis fueron probadas para T_3 (salitre sódico a la siembra) y T_4 (urea a la siembra). La urea aplicada previo a la siembra se incorporó mediante un rotovator.

Los tratamientos se estructuraron considerando las características de los suelos y disponibilidad de agua de las localidades, debido a que estos factores condicionan, en gran medida, la velocidad de reacción de la urea, fundamentalmente el proceso de hidrólisis de ésta (Simpson y Melsted, 1963; Dalal, 1975; Zantua, Dumenil y Bremner, 1977). Se usó un diseño de parcelas divididas, donde el tratamiento principal fue fuente y época de aplicación de N, y el subtratamiento dosis de este nutriente.

La caracterización química (Cuadro 1) de ambos sitios indica una disponibilidad muy baja de nitrógeno, media a alta de fósforo, adecuada saturación de bases y no presentan riesgos de toxicidad de aluminio; sólo el Andisol presentó un contenido bajo de potasio. En base a estos antecedentes, en el Andisol se utilizó una fertilización base de 80 kg/ha de P, como superfosfato triple, y 125 hg/ha de K, en forma de muriato de potasio; en el Ultisol sólo se aplicó P, en dosis de 60 kg/ha. Esta fertilización se realizó en el momento de la siembra, localizándose el superfosfato triple.

CUADRO 1. Caracterización química de los sitios experimentales, 0-20 cm de profundidad

TABLE 1. Chemical characteristics of the experimental sites (0-20 cm depth) (Chile)

Suelo	N	P	K	pH H ₂ O	m.o. (%)	Ca	Mg	Al	CICE ¹	Satura- ción de alumi- nio %
	mineral	Olsen	Interc.							
	mg/kg					cmol(+)/kg				
Andisol	17	21	66	6,2	14	6,45	0,71	0,03	8,32	0,4
Ultisol	10	15	339	6,0	4	8,69	2,88	0,02	12,97	0,2

Datos promedio de cuatro repeticiones.

¹Capacidad de intercambio catiónica efectiva.

En el Andisol se usó la variedad Granifén, de alta calidad maltera y un rendimiento potencial de 75 qqm/ha, que es la variedad de mayor uso en la Provincia de Cautín. En el Ultisol se usó la variedad Libra, de mayor resistencia a enfermedades que 'Granifén', buena calidad maltera y rendimiento promedio de 63 qqm/ha, evaluados entre la Región Metropolitana y la X Región. Ambas son producto de cruzamientos realizados en la Estación Experimental Carillanca (Beratto; 1985, 1988).

En ambos sitios, la siembra se realizó el 5 de agosto de 1989, la cosecha el 23 de enero de 1990 en el Ultisol y el 10 de febrero en el Andisol. Se midió precipitación desde siembra a cosecha.

A la cosecha se determinó rendimiento a 12% de humedad, mallaje y restos, según las normas de la European Brewery Convention (Schildbach, 1980), y el contenido de proteína del grano por el método de Kjeldahl. El rendimiento de campo, grano cosechado, se corrigió por el método propuesto por Beratto (1987) para obtener rendimiento comercial (variable que permite evaluar simultáneamente el rendimiento y el mallaje, expresando ambos en una medida única) y pérdida de rendimiento, que constituye la diferencia entre los valores anteriores. Los análisis de micromalteo (extracto de malta, friabilidad y proteína de malta), se realizaron en los Laboratorios de Compañía Cervecerías Unidas S.A.

Se llevaron a cabo análisis de variancia y comparación de medias mediante la prueba de Duncan para rendimiento, mallaje sobre la criba de 2,8 mm, 2,8 + 2,5 mm y contenido de proteína del grano.

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento y calidad del grano

En el Andisol no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa de la fuente y forma de aplicación de nitrógeno para rendimiento de grano y mallaje sobre la criba de 2,5 mm (2,8 + 2,5 mm), pero sí en el contenido de proteína del grano ($P \leq 0,05$). Por el contrario, en el Ultisol, la fuente y época de aplicación de N fue significativa para rendimiento, mallaje sobre la criba de 2,5 mm y contenido de proteína ($P \leq 0,05$). En ambos suelos, la dosis de N incidió significativamente ($P \leq 0,01$) en todas las variables estudiadas. No se determinó interacción entre fuente y época de aplicación, y dosis de N (Cuadro 2).

Andisol. Independientemente de la época de aplicación de N, con ambos fertilizantes, se obtuvo un incremento de rendimiento con la aplicación de N (Cuadro 3). Considerando los resultados, promedio por tratamiento (fuente y época de aplicación) este incremento fue de 13,8, 18,2 y 18,0 qqm/ha, para las dosis de 50, 100 y 150 kg/ha de N, respectivamente.

Los rendimientos superaron los 60 qqm/ha con la aplicación de nitrógeno, excepto cuando se aplicaron 50 kg/ha de urea 37 días previo a la siembra. Con aplicaciones por sobre 100 kg/ha de N, no se determinó diferencia significativa en los rendimientos obtenidos. Los altos rendimientos de los tratamientos sin nitrógeno (46,6 qqm/ha, en promedio), son un claro índice del aporte de este nutriente por mineralización, dado el alto contenido de materia orgánica del suelo (Moore y Russell, 1970) (Cuadro 1).

CUADRO 2. Prueba de F para fuente y época de aplicación de N (F), dosis de nitrógeno (N) e interacción (FN)

TABLE 2. Test for source and application dates (F), N rate (N) and interaction (FN)

Significación Valores R	Andisol			Ultisol		
	Rendimiento	Mallaje > 2,8 + 2,5 mm	Proteína	Rendimiento	Mallaje > 2,8 + 2,5 mm	Proteína
Fuente y época aplicación N (F)	1,42 N.S.	0,91 N.S.	7,91*	8,04*	18,92**	9,16*
Dosis nitrógeno (N)	27,54**	10,81**	20,37**	21,88**	24,61**	18,95**
Interacción (FN)	0,33 N.S.	1,52 N.S.	0,54 N.S.	0,92 N.S.	0,70 N.S.	0,74 N.S.

*P < 0,05; **P < 0,01; N.S.: no significativo.

CUADRO 3. Efecto de salitre sódico y urea, aplicados en diferentes épocas y dosis de N, en rendimiento y calidad del grano de cebada Granifén, Andisol

TABLE 3. Effect of different N rates and application dates of sodium nitrate and urea on yield and grain quality of malting barley cv. Granifén, Andisol

Fuente de N y época de aplicación	Dosis N (kg/ha)	Rendimiento		Mallaje (%)				Proteína grano
		Campo	Comercial (qgm/ha)	> 2,8 + 2,5	> 2,8	> 2,5	Restos	
Salitre a la siembra (T ₁)	0	46,6b	46,6	98,8a	89,0	9,0	0,3	10,1c
	50	60,1a	60,1	97,3a	86,1	11,2	0,5	10,8bc
	100	65,0a	65,0	96,9ab	85,4	11,5	0,8	11,6b
	150	66,3a	66,3	93,6bc	74,1	19,5	1,4	13,1a
Promedio tratamiento		59,5a	59,5	96,5ab	83,7			11,4a
Urea incorporada 37 días previo siembra (T ₂)	0	46,4c	46,4	97,8a	87,0	10,8	0,5	9,1c
	50	57,5b	57,5	98,2a	88,9	9,3	0,4	9,7bc
	100	65,3a	65,3	98,2a	89,2	9,0	0,4	11,2ab
	150	67,6a	67,6	97,8a	88,0	9,8	0,3	11,9
Promedio tratamiento		59,2a	59,2	98,0a	88,3			10,5b
Urea incorporada 21 días previo siembra (T ₃)	0	47,9b	47,9	98,2a	89,0	9,2	0,4	10,2c
	50	64,9a	64,9	98,1a	89,4	8,7	0,4	10,6bc
	100	65,5a	65,5	98,2a	88,6	9,6	0,3	11,9b
	150	63,5a	63,5	96,3b	80,7	15,6	0,6	13,0a
Promedio tratamiento		60,5a	60,5	97,7a	86,9			11,4a

Datos promedio de cuatro repeticiones. Promedios, en la misma columna, seguidos de la misma letra, no difieren de acuerdo a la Prueba de Duncan ($P \geq 0,05$).

El mallaje sobre la criba de 2,5 mm, superó, en todos los casos, el 90%, aun cuando, en algunos, disminuyó al aumentar la fertilización nitrogenada, lo que concuerda con datos señalados por Schildbach (1986) y Peyrelongue (1989), y los valores de restos, fueron bajos. Esto determinó que no se produjeran pérdidas de rendimiento, siendo el rendimiento comercial igual al de campo. Los valores obtenidos de mallaje sobre la criba de 2,5 mm y restos, implicarían una bonificación del producto.

El contenido de proteína aumentó al incrementar la dosis de N. Sin embargo, con aplicaciones de 50 kg/ha, éste no superó el 10,8%, con ambos fertilizantes. Sobre esta dosis la proteína sobrepasó el 11%, llegando incluso a 13%. Estos resultados demuestran la gran incidencia de la dosis de N en el contenido de proteína del grano, datos que concuerdan con lo señalado por Calder y MacLeod (1974), quienes recomiendan un rango de 60 a 90 kg/ha de N, para producción de cebada para malta. Este rango es muy similar al determinado como óptimo, para Andisoles de la IX Región, por Peyrelongue (1989), en 12 experimentos de terreno,

realizados en cinco temporadas agrícolas. En todos los casos, con la aplicación de 100 kg/ha de N el producto indica castigo y con 150 kg/ha rechazo, independientemente del alto valor de mallaje, por superar el 12% de proteína.

El rendimiento y contenido de proteína, para 50 y 100 kg/ha, (Figura 1), presenta un comportamiento similar frente a las dos fuentes y épocas de aplicación de N, para las dosis consideradas. Pero, claramente se observa que al aumentar la fertilización nitrogenada también lo hace el rendimiento y el contenido de proteína del grano.

Por tanto, en el Andisol, los resultados obtenidos indican que no existe diferencia en rendimiento y calidad del grano, y, en consecuencia, el precio de la cebada para malteo no tendría posibilidades de ser castigado, cuando se utiliza salitre a la siembra o urea incorporada 21 ó 37 días, previo a ésta, siempre que la dosis de N no exceda a los 50 kg/ha.

Ultisol. Los resultados de rendimiento y calidad del grano, obtenidos en el Ultisol, difieren notoriamente de los obtenidos en el Andisol (Figura 2). El

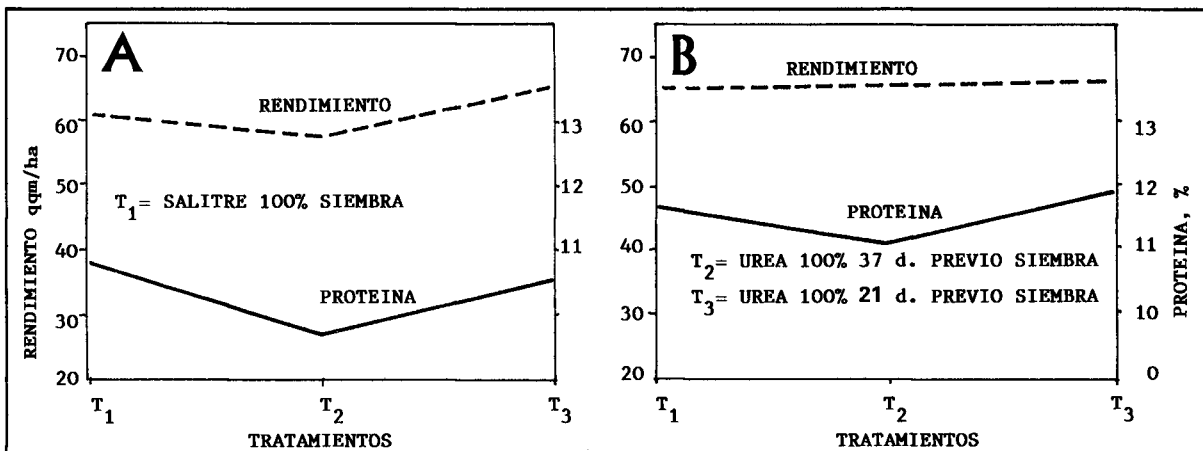


FIGURA 1. Efecto de fuentes y época de aplicación de N en rendimiento y contenido de proteína del grano en un Andisol: a) 50 kg/ha de N; b) 100 kg/ha de N.

FIGURE 1. Effects of N source and application dates on yield and grain protein. Andisol: a) 50 kg/ha N; b) 100 kg/ha N.

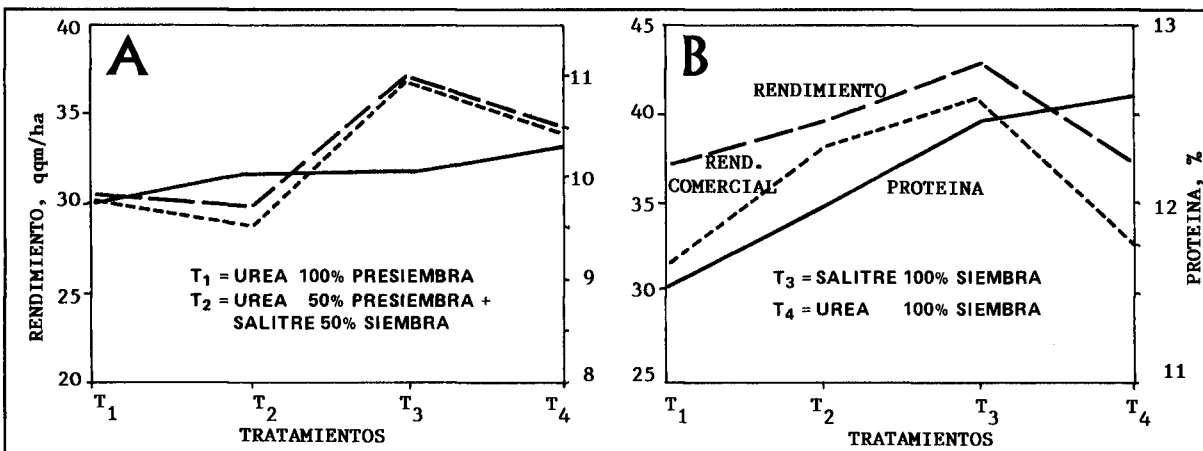


FIGURA 2. Efecto de fuentes y época de aplicación de N en rendimiento y contenido de proteína del grano en un Ultisol: a) 50 kg/ha de N; b) 100 kg/ha de N.

FIGURE 2. Effects of N source and application dates on yield and grain protein. Ultisol: a) 50 kg/ha N; b) 100 kg/ha N.

rendimiento fue muy inferior en el Ultisol (Cuadro 4) y, la fuente y época de aplicación de N, además de la dosis de este nutriente, afectaron significativamente a las variables medidas ($P \leq 0,05$ y $0,01$, respectivamente) (Cuadro 2).

Como se observa en el Cuadro 4, al aumentar la dosis de N, de 50 a 100 kg/ha, se incrementó el rendimiento en 6,5 qqm/ha con la aplicación de urea incorporada 20 días previo a la siembra, 9,8 qqm/ha con la combinación de ambos fertilizantes, 5,8 qqm/ha con salitre a la siembra y 3,1 qqm/ha con urea aplicada a la siembra. Los rendimientos más altos llegaron sólo a 42,8 qqm/ha, con 100 kg/ha de N aplicados como salitre a la siembra y

con 50 kg/ha fluctuaron entre 29,8 y 37,0 qqm/ha, correspondiendo este último a la aplicación de salitre a la siembra.

El rendimiento de los tratamientos sin N alcanzó, en promedio, a 17,3 qqm/ha; posiblemente dado a que la disponibilidad inicial de N era baja (10 mg/kg) y el contenido de materia orgánica sólo de 4% (Cuadro 1). En consecuencia, difícilmente se puede esperar un aporte importante de N, a partir de la materia orgánica del suelo por mineralización (Moore y Russel, 1970).

Los valores de mallaje sobre la criba de 2,5 mm (2,8 + 2,5 mm), solamente superaron al 85% con la

CUADRO 4. Efecto de salitre sódico y urea, aplicados en diferentes épocas y dosis de N, en rendimiento y calidad del grano de cebada Libra, Ultisol

TABLE 4. Effect of different N rates and application dates of sodium nitrate and urea on yield and grain quality of malting barley cv. Libra, Ultisol

Fuente de N y época de aplicación	Dosis N (kg/ha)	Rendimiento			Mallaje (%)				Proteína grano
		Campo	Comercial (qqm/ha)	Pérdida	> 2,8+2,5	> 2,8	> 2,5	Restos	
Urea 100% previo siembra (T ₁)	0	16,2c	12,3	4,0	77,4b	17,0	60,4	2,5	10,0b
	50	30,5a	30,3	0,2	84,4a	20,6	63,8	1,6	9,8b
	100	37,0a	31,9	5,1	71,3c	9,2	62,1	2,4	11,5a
Promedio tratamiento		27,9b	24,8	3,1	77,7c	15,6			10,4b
Urea 50% previo siembra, salitre 50% siembra (T ₂)	0	16,0c	14,9	1,1	78,2b	21,9	56,3	2,4	10,1b
	50	29,8b	28,7	1,1	81,6a	14,4	67,2	1,6	10,0b
	100	39,6a	37,1	2,5	78,8b	9,4	69,4	1,4	12,0a
Promedio tratamiento		28,5b	26,9	1,6	79,5b	15,2			10,7b
Salitre 100% siembra (T ₃)	0	20,5c	20,1	0,4	83,1ab	26,0	57,1	2,1	10,2
	50	37,0b	37,0	0,0	88,5a	27,1	61,4	1,0	10,1b
	100	42,8a	39,1	3,7	76,5b	11,4	65,1	1,5	12,5a
Promedio tratamiento		33,4a	32,1	1,3	82,7a	21,5			10,9b
Urea 100% siembra (T ₄)	0	16,6c	16,0	0,6	81,7ab	26,0	55,7	2,3	10,7b
	50	34,2ab	33,1	1,1	82,0a	15,7	66,3	1,7	10,3b
	100	37,3a	32,8	4,5	73,1b	9,0	64,1	2,0	12,6a
Promedio tratamiento		29,4b	27,3	2,1	78,9b	16,9			11,2a

Datos promedio de cuatro repeticiones. Promedios, en la misma columna, seguidos de la misma letra, no difieren de acuerdo a la Prueba de Duncan ($P \geq 0,05$).

aplicación de 50 kg/ha de N como salitre y, con 100 kg/ha de N no se alcanzó a 80% con ninguno de los fertilizantes y épocas de aplicación estudiadas. Los valores de restos fueron altos, superando a un 2% en muchos casos; sólo con 50 kg/ha de N como salitre aplicado a la siembra, no excedió al 1%.

El mallaje sobre la criba de 2,8 mm se vio afectado por la aplicación de N e incluso en los tratamientos sin nitrógeno, fue inferior al 50% característico de la variedad (Beratto, 1988). Estos resultados necesariamente incidirán en la calidad de malta (Schildbach, 1980).

Por otra parte, al corregir el rendimiento de campo por los valores de mallaje (Beratto, 1987), éste disminuyó, excepto cuando se aplicaron 50 kg/ha de N como salitre. La pérdida de rendimiento fluctuó entre 0 y 1,1 qqm/ha con 50 kg/ha de N y 2,5 a 5,1 qqm/ha con 100 kg/ha de N. Con esta última dosis, la mayor pérdida se produjo con urea incorporada 20 días previo a la siembra. Por tanto, se determinó

un claro efecto de la dosis de N y de la fuente y época de aplicación de éste en el mallaje, lo que determina el castigo del producto por calidad de grano, el cual visualiza en el rendimiento comercial y pérdida de rendimiento.

En ambos suelos, a pesar de la diferencia de rendimiento, mallaje y variedades utilizadas, el contenido de proteína del grano se afectó en forma similar con el incremento de la dosis de N. Sin embargo, con 100 kg/ha de N, en el Ultisol se llegó a valores iguales o superiores al 12%, lo que no ocurrió en el Andisol, esto podría deberse a que el nivel de rendimiento alcanzado fue muy superior en este último suelo.

Los resultados obtenidos en el Ultisol, permiten concluir que en este suelo, a diferencia de lo observado en el Andisol, sólo la aplicación de salitre a la siembra, en dosis de 50 kg/ha, permiten compatibilizar un rendimiento aceptable con una calidad de grano con posibilidades de bonificación.

Efecto de la precipitación

La diferencia de respuesta a las fuentes y épocas de aplicación de N en el Andisol y en el Ultisol es atribuible a las características del suelo que condicionan la reacción de la urea (Zantua y otros, 1977; Broadbent, 1978) y a la diferencia de caída pluviométrica, durante el ciclo de desarrollo del cultivo, entre localidades (Cuadro 5).

CUADRO 5. Distribución de la precipitación en los sitios experimentales, agosto a enero. 1989-1990

TABLE 5. Rainfall distribution on both experimental sites (August to January). 1989-1990

Mes	Precipitación (mm)		
	Andisol var. Granifén	Ultisol var. Libra	Dife- rencia ¹
Agosto	181,9	224,9	43,0
Septiembre	55,1	35,0	20,1
Octubre	145,6	41,0	104,6
Noviembre	32,6	11,5	21,1
Diciembre	47,3	59,6	12,3
Enero	25,8	33,0	7,2
Total	488,3	405,0	83,3

¹Diferencia calculada en base al mayor valor de cada mes.

Como indican Bole y Pittman (1980), la combinación de suelo y clima, especialmente precipitación, son determinantes en la producción de cebada para malta.

En el sitio experimental correspondiente al Andisol, se registraron 488,3 mm de precipitación entre los meses de agosto a enero, de los cuales el 85% (415,2 mm) cayeron entre agosto y noviembre, distribuyéndose con posterioridad el 15% restante. En el Ultisol, en igual período, se registró un 77% de la caída pluviométrica (312,4 mm), del cual el 55% (224,9 mm) se concentró en agosto, quedando sólo el 22% (87,5 mm) repartidos entre septiembre y noviembre (Cuadro 5). En consecuencia, más que la diferencia total de precipitación entre localidades, la distribución de ésta, durante el ciclo de desarrollo del cultivo, debe haber constituido una limitante importante en el rendimiento y calidad de grano, obtenidos en el Ultisol (Brandeburger, 1973).

Dubetz y Wells (1965), señalan la importancia de una fertilización equilibrada en la obtención de un buen rendimiento de cebada para malta, asociado

a una buena calidad, siempre que la disponibilidad de agua para el cultivo no sea una limitante, ya que ésta determina un aumento en el contenido de proteína de grano cuando el rendimiento se encuentra limitado.

Por otra parte, dentro de los factores que inciden en la hidrólisis de la urea, el contenido de materia orgánica es fundamental. Dalal (1975) y Zantua y otros (1977), señalan que suelos con elevados contenidos de materia orgánica muestran mayores tasas de hidrólisis de la urea que suelos con bajo contenido de materia orgánica. Los suelos estudiados difieren notoriamente en cuanto a contenido de materia orgánica, siendo solamente de un 4% en el Ultisol, llegando a 14% en el Andisol (Cuadro 1). Resultados obtenidos por Burns, Pukite y Laren (1972), sugieren que la ureasa, existe en el suelo como un complejo enzima-materia orgánica.

En Andisoles de la X Región, Campillo (1982) determinó altas tasas de mineralización con 100 y 200 kg de N/ha como urea, a 10 y 20 °C laboratorio y, al cabo de siete días prácticamente se había completado la hidrólisis. Por el contrario, en condiciones de terreno, Holland y Dúring (1977), en un suelo derivado de cenizas volcánicas de Nueva Zelanda, observaron que con temperaturas de 7,5 a 10 °C, la nitrificación del N-urea se completaba al cabo de 60 días, a diferencia del N proveniente del nitrato de sodio, que se movió rápidamente en el perfil del suelo hasta los 5 cm de profundidad.

Temperaturas medias muy similares a las señaladas, se registran en la IX Región entre los meses de julio y septiembre (Juan Rouanet M., INIA, comunicación personal). Esto apoyaría el hecho de que las diferentes fuentes y épocas de aplicación de N, hayan determinado la misma respuesta en rendimiento y calidad de grano en el Andisol (cuadros 2 y 3).

En el país, no se cuenta con antecedentes sobre tasas de mineralización de la urea y actividad enzimática en Ultisoles, pero, dado el contenido de materia orgánica de éstos, en contraste con el de los Andisoles, cabe suponer que este proceso sería más lento en Ultisoles, lo que explicaría la diferencia significativa obtenida con las fuentes y épocas de aplicación de N estudiadas (cuadros 2 y 4).

Calidad de la malta de cebada

El efecto de la dosis de N, de la fuente y época de aplicación de éste en calidad de malta (cuadros 6 y 7) indica que en ambos suelos el aumento del contenido de proteína del grano (cuadros 3 y 4),

determinó una disminución en el porcentaje de friabilidad, extracto de malta e índice de Kolbach, aumentando la diferencia entre extracto fino y

extracto grueso, lo que concuerda con Schildbach (1973b; 1974b; 1981; 1986).

CUADRO 6. Efecto de salitre sódico y urea, aplicados en diferentes épocas y dosis de N en calidad de malta en cebada Granifén. Andisol

TABLE 6. Effect of different N rates and application dates of sodium nitrate and urea on malt quality of barley cv. Granifén. Andisol

Fuente de N y época de aplicación	Dosis N (kg/ha)	Friabilidad	Extracto Malta		Proteína malta		Índice Kolbach
			Fino (%)	Diferencia ¹ (%)	Total (%)	Soluble (%)	
Salitre a la siembra (T ₁)	0	79	81	1,1	9,1	4,1	45
	50	73	81	1,2	9,8	4,2	43
	100	66	81	1,2	9,7	4,2	43
	150	49	79	1,0	12,8	4,9	38
Urea incorporado 37 días previo siembra (T ₂)	0	84	82	1,4	8,8	3,7	42
	50	79	82	1,1	9,2	4,0	44
	100	70	81	1,2	10,5	4,6	43
	150	60	79	0,6	11,3	4,5	40
Urea incorporado 21 días previo siembra (T ₃)	0	79	81	1,6	9,3	4,4	47
	50	70	81	1,4	9,9	4,6	46
	100	63	80	0,8	10,4	4,2	40
	150	55	79	0,9	11,9	4,5	38

¹Diferencia entre extracto fino y grueso.

CUADRO 7. Efecto de salitre sódico y urea, aplicados en diferentes épocas y dosis de heno en calidad de malta en cebada Libra. Ultisol

TABLE 7. Effect of different N rates and application dates of sodium nitrate and urea on malt quality of barley cv. Libra. Ultisol

Fuente de N y época de aplicación	Dosis N (kg/ha)	Friabilidad	Extracto malta		Proteína malta		Índice Kolbach
			Fino (%)	Diferencia ¹ (%)	Total (%)	Soluble (%)	
Urea 100% previo siembra (T ₁)	0	92	80	1,4	11,0	3,2	29
	50	86	80	1,4	10,6	3,2	30
	100	58	78	2,4	10,9	3,1	28
Urea 50% previo siembra, salitre 50% siembra (T ₂)	0	88	80	1,3	8,5	3,2	38
	50	88	80	1,3	8,4	2,8	33
	100	50	77	2,2	11,0	3,3	30
Salitre 100% siembra (T ₃)	0	88	79	1,2	8,9	3,3	37
	50	83	79	1,3	9,0	3,2	36
	100	48	77	2,0	11,0	3,2	27
Urea 100% siembra (T ₄)	0	88	79	1,9	9,1	3,4	37
	50	80	79	1,1	8,8	3,1	35
	100	41	77	2,3	11,5	3,5	30

¹Diferencia entre extracto fino y grueso.

Con aplicaciones de hasta 50 kg/ha de N, los valores de friabilidad son más altos en el Ultisol, pero, los valores de extracto fino e índice de Kolbach son superiores en el Andisol, encontrándose por sobre los rangos deseables para industrialización (Compañía Cervecerías Unidas S.A.), puesto que se consideran adecuados porcentajes de extracto fino de 78 a 80 y una relación proteína soluble/proteína total mayor a 35. Este último requisito sólo se cumple en el Ultisol con 50 kg/ha de N, aplicados como salitre.

La disminución de mallaje (cuadros 3 y 4), también podría estar contribuyendo a la pérdida de la calidad de malta, pero en mayor proporción en el Ultisol, que en el Andisol. Esto podría deberse a que en el primer suelo, tanto la fuente y época de aplicación como la dosis de N, tuvieron un efecto altamente significativo en el mallaje sobre la criba de 2,5 mm; en tanto que en el Andisol, sólo fue significativo el efecto de la dosis de N en este parámetro (Cuadro 2).

Otro factor que podría estar incidiendo en la mayor pérdida de calidad de malta en el Ultisol, es el hecho de haber utilizado la variedad Libra, que a diferencia de Granifén, variedad usada en el Andisol, presentó mayor variación en el mallaje, dependiendo del manejo del N y de la disponibilidad de agua (cuadros 3, 4 y 5).

Schildbach (1981), ha determinado que una reducción de 10% en el mallaje sobre la criba de 2,5 mm, provoca una disminución de 0,4% en el extracto de malta y un aumento de 0,1% en la diferencia entre extracto fino y extracto grueso, el que no debe superar a un 3%, reduciendo en 0,7% el índice de Kolbach.

Al comparar los resultados obtenidos en el Ultisol, con 50 y 100 kg/ha de N, se observó que la

reducción de mallaje varió entre 2,8 y 13,4%, dependiendo de la fuente y época de aplicación de N (Cuadro 7), disminuyendo entre 2 y 3% el extracto de malta, 2 a 9% el índice de Kolbach y aumentando entre 0,7 y 1,2% la diferencia entre extracto fino y extracto grueso, valores muy superiores a los señalados por Schildbach (1981).

Por el contrario, en el Andisol, con la misma comparación, sólo con la aplicación de salitre a la siembra se redujo en 0,4% el mallaje, sin determinarse pérdidas en la calidad de malta. Sin embargo, al usar urea como fuente de N, el mallaje no se vio afectado, pero la disminución del extracto de malta fue de 1%; el aumento de la diferencia entre extracto fino y extracto grueso varió entre 0,1 y 0,6%; y el índice de Kolbach disminuyó sólo cuando se aplicó urea 21 días previo a la siembra (Cuadro 6). Resultados que contrastan con los obtenidos por el autor mencionado anteriormente.

La diferencia de estos resultados, con respecto al planteamiento de Schildbach (1981), podría deberse a la gran incidencia de la dosis de N en el mallaje sobre la criba de 2,5 mm, en el caso del Ultisol; posiblemente por el comportamiento de la variedad Libra y las restricciones hídricas durante el ciclo de desarrollo del experimento.

En el Andisol el mallaje fue más estable al aumentar la dosis de N, no hubo restricciones hídricas, y se utilizó la variedad Granifén que se caracteriza por poseer altos valores de mallaje.

Se puede concluir que, aún cuando en ambos suelos se obtuvo el mejor rendimiento, asociado a una buena calidad de grano y malta con aplicaciones de 50 kg/ha de N, las pérdidas de calidad de malta difieren en los suelos estudiados con la dosis y, las fuentes y épocas de aplicación de N utilizadas.

RESUMEN

Durante la temporada 1988/1989, se estudió el efecto de la dosis, de la fuente y época de aplicación de N sobre el rendimiento y calidad del grano y de la malta de la cebada cervecera en un Andisol y un Ultisol de la IX Región.

En ambos suelos se usó un diseño de parcelas divididas, donde la fuente y época de aplicación de N correspondió al tratamiento principal, y la dosis de N al subtratamiento. En el Andisol, se usó la variedad Granifén y en el Ultisol se utilizó el cultivar Libra.

En el Andisol, los tratamientos consistieron en: urea aplicada previo a la siembra (37 y 21 días) y salitre sódico a la siembra; los subtratamientos fueron: 0, 50, 100 y 150 kg/ha de N. En el Ultisol, los tratamientos fueron urea y salitre sódico aplicados a la siembra, urea aplicada 20 días previo a ésta, y una combinación del 50% de la dosis de N aplicado previo a la siembra y el 50% restante adicionado como salitre a la siembra; los subtratamientos consistieron en 0, 50 y 100 kg/ha de N.

Al incrementar la dosis de N, en ambos suelos, la respuesta de rendimiento fue altamente significativa ($P \leq 0,01$). Sin embargo, por sobre la dosis de 50 kg/ha de N aumentó el contenido de proteína del grano y disminuyó el mallaje de éste, lo que determinó una reducción en el porcentaje de friabilidad, extracto de malta, aumento de la diferencia entre extracto fino y extracto grueso, disminuyendo el índice de Kolbach.

En el Andisol, la fuente y época de aplicación del N no tuvieron efecto significativo sobre las variables estudiadas ($P \geq 0,05$). Por el contrario, en el Ultisol, el efecto fue significativo ($P \leq 0,01$), y sólo el salitre aplicado a la siembra determinó la mejor

combinación de rendimiento, calidad del grano y de malta.

La diferencia de respuesta observada para las fuentes y épocas de aplicación de N, puede atribuirse a las características de los suelos que inciden en el proceso de hidrólisis de la urea, distribución de la precipitación durante el ciclo de desarrollo del cultivo, entre localidad, y diferencias varietales.

Palabras claves: cebada, fertilización, salitre sódico, urea, ureasa, rendimiento comercial, mallaje, hidrólisis, friabilidad, extracto de malta, índice de Kolbach.

LITERATURA CITADA

- BROADBENT, F.E. 1978. Mineralization, inmovilization and nitrification. In: P.F. Pratt (ed.). Management of N in irrigated agriculture. Wiley. New York. U.S.A. p.: 109-134.
- BERATTO M., EDMUNDO. 1985. Cebada maltera de primavera, Granifén-INIA. Agricultura Técnica, Chile, 45: 61.
- BERATTO M., EDMUNDO. 1987. Rendimiento comercial, otra variable para evaluar cebada maltera. Agricultura Técnica (Chile) 47: 280-283.
- BERATTO M., EDMUNDO. 1988. Libra-INIA/CCU: Nuevo cultivar de cebada maltera. Agricultura Técnica (Chile) 48: 375.
- BERATTO, M. E. y PEYRELONGUE, C.A. 1986. Contenido de proteína en el grano de cebada. I. Efecto de variedades, localidades, año y época de siembra. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca (Temuco) 5(4): 12-14.
- BOLE, J.B. y PITTMAN, J.V. 1980. Spring soil water precipitation and nitrogen fertilizer: Effect on Barley yield. Canadian Journal of Soil Science. 60(4): 461-469.
- BRANDERBURGER, V. 1973. The influence of environment on yield and quality of malting barley. Monatschrift für Landwirtschaft (Berlin). p.: 193-200.
- BURNS, R.G.; PUKITE, H.A. and MC. LAREN, D.A. 1972. Concerning the location and persistence of soil urease. Soil Science Society of American Proceedings. 36(2): 308-311.
- CALDER, W.F. y Mac LEOD, F.W. 1974. Effects of soil pH and NPK fertilization on yield and quality of two Barley cultivars. Canadian Journal of Soil Science. 54 (1): 1-6.
- CAMPILLO, R.R. 1982. Efecto acidificante de las transformaciones de la urea en dos Andisoles de la Región de Los Lagos. Tesis para optar al grado de M.S. Facultad de Agronomía. U. Católica de Chile (Stgo). 137 p.
- DALAL, R.C. 1975. Urease activity products of solution in same Trinidad Soils. Soil Science Biochemistry 7(1): 5-8.
- DUBETZ, J. and WELLS, S.A. 1965. Yield and quality of greenhouse-grown betzes barley as affected by water and fertilizers. Canadian Journal of Plant Science 48(5): 437-442.
- HOLLAND, P.T. and DURING, C. 1977. Movement of nitrate-N and transformation of urea-N under field conditions. New Zealand Journal of Agricultural Research. 20 (4): 479-488.
- MOORE, A.W. and RUSSELL, S.J. 1970. Changes in chemical fraction of nitrogenduring incubation of Soil with histories of large organic matter increase under pasture. Australian Journal of Soil Research 8(1): 21-29.
- NUTALL, W.F., DAWLEY, W.K., MALHI, S.S. and K.E. BOWER, 1989. The effect of spring and fall applications of N on yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and rapessed (*Brassica campestris* L.) Canadian Journal of Soil Science. 69(2): 199-211.
- PATRIDGE, J.R.D. and RIDLEY, A.D. 1974. Effect of nitrogen fertilizers applied in spring or fall on yield of barley. In: Proceedings 18 th. Annual. Manitoba Soil Science. Meeting p.: 121-127.
- PEYRELONGUE C., A. 1990. Manejo de la fertilización para producción de cebada para malta en la IX Región. INIA. Estación Experimental Carillanca (Temuco). Boletín Técnico Nº 145. 20 p.

- PEYRELONGUE C., A. 1989. Uso eficiente de Nitrógeno y Fósforo en producción de cebada para malta. IX Región. En: Baherle Pedro (ed.) Seminario Impacto de los fertilizantes en la productividad agrícola INIA. Estación Experimental La Platina, Santiago, Chile. Serie La Platina Nº 14. p.: 131-146.
- PEYRELONGUE C., A. 1983. Fertilización en cebada. I. Importancia de la fertilización nitrogenada en cebada para malteo en la IX Región. INIA. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca (Temuco). 2(3): 16-19.
- PEYRELONGUE C., A. y BERATTO M., E. 1987. Contenido de proteína en el grano de cebada. II. Efecto de la fertilización nitrogenada, contenido inicial de nitrógeno y materia orgánica del suelo. INIA. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca (Temuco). 6(1):15-17.
- ROUANET, J.L. 1982. Areas Agroecológicas, Determinantes del Sistema de Producción Agropecuario. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca (Temuco). 1(1): 17-21.
- SIMPSON, D.M.H. and S.W. MELSTED. 1963. Urea hydrolysis and transformation in some Illinois soil. Soils Science Society of American Proceedings. 27(1): 48-50.
- SCHILDBACH, R. 1973a. Yield versus quality in malting barley? (An example from fertilizer trials to beer). Phosphorosaura 30: 50-90.
- SCHILDBACH, R. 1973b. Yield versus quality in malting barley? Demonstrated from the testing of fertilizers to inished beer. Monatsschrif fur Brauwissenschaft (Berlin). 26: 73-83.
- SCHILDBACH, R. 1974a. Reasons for variation in the protein content of malting barley. Monatsschrif fur Brauwissenschaft (Berlin). 27: 204-217.
- SCHILDBACH, R. 1974b. Crude protein content of barley and malt quality. Monatsschrif fur Brauwissenschaft (Berlin). 27: 217-247.
- SCHIBALCH, R. 1980. Relationship between barley, brewing properties and bees quality. European Brewery Convention, Monograph IV - 1980. p.: 1-18.
- SCHILDBACH, R. 1981. The requirement of malting barley for use in the brewing industry. Jahrgang 34, Heft 11: 281-284.
- SCHILDBACH, R. 1986. Rationalisierung in der Landwirtschaft und Braugerstengualitat. Monatsschrif fur Brauwissenschaft. (Berlin). p.: 193-200.
- ZANTUA, M.I., L.C. DUMENIL and J.M. BREMNER. 1977. Relationships between soil ureasa activity and other soil proporties. Soil Science Society of American Journal. 41(2): 350-352.