

ABSORCION DE NITROGENO POR CEBADA CERVECERA EN DOS SUELOS DEL SUR BONAERENSE, ARGENTINA

MA LAZZARI, MR LANDRISCINI, MA CANTAMUTTO, AM MIGLIERINA, RA ROSELL, FE MÖCKEL, ME ECHAGÜE

LAHBIS – Dto. de Agronomía – Universidad Nacional del Sur – 8000 Bahía Blanca – Argentina - E-mail: alazzari@criba.edu.ar

Recibido 1 de marzo de 2001, aceptado 12 de junio de 2001

NITROGEN UPTAKE BY MALTING BARLEY IN TWO SOILS OF SOUTHERN BS.AS. PROVINCE, ARGENTINA

Two experiments were carried out to determine the effect of nitrogen on nitrogen uptake and grain nitrogen concentration of barley grown for malting. First, the effects of fertilizer applications at rates of 0 (0N) and 60 kg N ha⁻¹ (60N) were studied in a pot experiment in a glasshouse using urea labelled with ¹⁵N applied at sowing to two soils: Bordenave (B, Typic Haplustoll), and Tres Arroyos (TA, Petrocalcic Argiudoll). Pots were destructively sampled at the fifth leaf, ear emergence, milky kernel and physiological maturity stages. Distribution of ¹⁵N and ¹⁴N in shoots and roots, and in spikes at maturity, were measured. Maximum aerial biomass uptake was usually reached by the time of milky stage, but continued up to maturity in 60N TA. In 60N B there was evidence of losses of fertilizer and soil nitrogen in shoots, but not in roots, in 60N B between milky and maturity stages. Urea increased the spike yield in 60N TA, and the grain nitrogen concentration in 60N B. Simultaneously, experiments were carried out in the field in both soils, where urea was applied at rates varying from 0 to 90 kg N ha⁻¹ at TA, and from 0 to 75 kg N ha⁻¹ at B. Plants and soils were sampled at the same growth stages of the pot experiment. Soils samples were analyzed for N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻ (0-60 cm). In all treatments at TA and 75N at B losses of nitrogen from aerial biomass in the last period of growth were detected. The addition of more than 30 kg N (at TA) or 25 kg N ha⁻¹ (at B) increased the percentage of grain protein to higher levels than accepted for malting. A high nitrogen-supplying power of the soil organic reserves was observed.

Key words: Malting barley, ¹⁵N-labelled fertilizer, Urea, Typic Haplustoll, Petrocalcic Argiudoll.

INTRODUCCION

El cultivo de cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.) se adapta a las condiciones agroecológicas del sur de la Provincia de Buenos Aires donde, en los últimos años, ha vuelto a adquirir importancia económica como consecuencia de una mayor demanda, debido a la instalación de nuevas plantas malteras. El área destinada a este cultivo sólo se incrementará si se cuenta con la tecnología adecuada para asegurar altos rendimientos, buena calidad maltera y bajos costos de producción, siendo la fertilización nitrogenada el rubro que más incide sobre él. El contenido de proteínas del grano es un factor determinante de la calidad maltera. Generalmente, no debe sobrepasar el 12% establecido en el standard de comercialización (Savio 1998). Esto requiere que las aplicaciones de fertilizante nitrogenado produzcan un

rendimiento económicamente aceptable y también satisfagan los requerimientos de calidad para la industria maltera, pues de no ser así se produciría un importante quebranto.

Los efectos de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y la calidad de la cebada cervecera se midieron en varios ambientes de la Provincia de Buenos Aires. En el Sudoeste Bonaerense, Ron y Loewy (1996) concluyen que en suelos con altas deficiencias de nitrógeno y fósforo, el fraccionamiento del nitrógeno aplicado fue un recurso adecuado. En cambio, en el norte de la Provincia, en mejores ambientes, la respuesta a la fertilización fue variable en rendimiento, con disminución del peso de los granos y aumento del contenido proteico (Prystupa *et al.* 1998). Esto pudo deberse a que la concentración de nitrógeno en granos de cebada se eleva cuando se aplica fertilizante nitrogenado en exceso (Lord,

Vaughan 1987) ya que sólo ocurren aumentos significativos de las concentraciones de nitrógeno en los granos con dosis superiores a aquellas que proporcionan un incremento del rendimiento (Gallagher *et al.* 1987).

Los fertilizantes inorgánicos presentan, en el perfil de suelo, una dinámica que está influenciada por la disponibilidad de agua durante el período de crecimiento del cultivo, o sea por las condiciones ambientales y edáficas. En el caso de la cebada cervecera, se vió que una alta disponibilidad de nitrógeno en condiciones adversas (sequía) ocasionó incrementos de las proteínas de los granos (Booncho *et al.* 1998).

Por lo expuesto, para fertilizar racionalmente, es necesario conocer la absorción y el destino del nitrógeno del fertilizante durante el desarrollo de la planta. La técnica isotópica de ^{15}N , junto con la extracción frecuente de muestras de plantas, proporciona una información directa sobre el uso y removilización del nitrógeno del fertilizante (Carter, Rennie 1987). Los ensayos en macetas de bajo costo de ^{15}N permiten evaluar, bajo iguales condiciones ambientales y de humedad, diferencias ocasionadas por el efecto del suelo. Sin embargo, para evaluar la respuesta de rendimiento y calidad del cultivo a la aplicación de nitrógeno, es necesario la conducción de ensayos de campo.

El primer objetivo de esta investigación fue estudiar, bajo condiciones controladas, los efectos de la aplicación de nitrógeno de $^{15}\text{urea}$ sobre la absorción por la

planta, cultivada en suelos de diferentes zonas cebaderas de la Provincia de Buenos Aires. El segundo objetivo fue evaluar, en los mismos suelos, en condiciones de campo, la respuesta del rendimiento y la calidad del cultivo con diferentes dosis de nitrógeno.

MATERIALES Y METODOS

Ensayo en invernáculo

La experiencia se realizó bajo longitud del día normal, entre julio y noviembre de 1998. Las plantas de cebada cervecera, cultivar Quilmes Palomar, crecieron en macetas que contuvieron 6 kg de suelo Haplustol Típico (INTA, Bordenave) o Argiudol Petrocálcico (Barrow, Tres Arroyos), el cual fue previamente homogeneizado. Las propiedades de los suelos se presentan en la Tabla 1. Se adicionó superfosfato triple, a razón de 20 kg P ha⁻¹, a todas las macetas. El 9 de agosto de 1998 se sembró la cebada (6 plantas por maceta). Seguidamente, se adicionaron 10 mL de solución acuosa de urea marcada (188 mg N por maceta, equivalente a 60 kg N ha⁻¹, con 9,811 % a. e. ^{15}N) a la mitad de las macetas de cada suelo. Posteriormente, se adicionaron 100 mL de agua a todas las macetas. Las mismas se regaron frecuentemente hasta la emergencia de las espigas y luego diariamente hasta la madurez fisiológica de las plantas.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cinco réplicas y consistió de dos suelos (Bordenave, B y Tres Arroyos, TA), dos dosis de nitrógeno (0N, sin adición de nitrógeno y 60N, equivalente a 60 kg N ha⁻¹), y cuatro momentos de extracción de muestras: 69 días desde la siembra (DDS), macollaje (Zadoks: 1.5); 81 DDS, espigazón (Z: 4.9); 98 DDS, grano lechoso (Z: 7.5) y 116 DDS, madurez fisiológica (Z: 8.9) (Zadoks *et*

Tabla 1. Principales características de los suelos estudiados (0-20 cm).

Table 1. Selected properties of the soils studied (0-20 cm).

Suelo	pH	PE	CO	NT	N-NO ₃ ⁻		N-NH ₄ ⁺		Textura		
					mg kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	Arena	Limo	Arc.
	(1:2,5)	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	%		
T. Arroyos	5,6	8	20,0	1,62	16	38	13	31	34	36	30
Bordenave	6,6	42	17,2	1,38	18	43	8	20	69	13	18

PE: Fósforo extractable, Bray-Kurtz

CO: Carbono orgánico, combustión seca (LECO)

NT: Nitrógeno total, Kjeldhal

N-NO₃⁻ y NH₄⁺: extracción con 2M KCl y destilación.

Textura: hidrómetro

PE: Extractable Phosphorus, Bray-Kurtz

CO: Organic Carbon, dry combustion (LECO)

NT: Total Nitrogen, Kjeldhal

N-NO₃⁻ y NH₄⁺: extraction with 2M KCl and destilation.

Texture: hidrometer

al., 1974). En cada una de ellas se retiraron, al azar, cinco macetas de cada suelo y tratamiento, se cosechó la biomasa aérea y se extrajeron manualmente las raíces, las cuales se lavaron suavemente con agua destilada. En el último muestreo, la biomasa aérea se separó en paja y espigas. Las muestras se secaron (70°C), pesaron, molieron, tamizaron (0,85 mm) y analizaron para nitrógeno total (macro Kjeldahl y adaptación, Aigner 1998). La relación $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ se determinó con espectrómetro de emisión JASCO, modelo N150 (Japón), utilizando previamente el método de Dumas (Fiedler, Proksch 1975) para la obtención del gas N_2 en el tubo de descarga. De dicha relación se calculó la proporción de nitrógeno marcado y no marcado absorbida por el cultivo.

Los datos se evaluaron estadísticamente por análisis de rango estudentizado Tukey, para la comparación de las medias. Se usó el test de Student para la comparación de las medias de a pares.

Ensayo de campo

En los mismos sitios donde se extrajeron los suelos para la experiencia en invernáculo, se realizaron los ensayos de campo (TA y B). Empleando un diseño en bloques completamente

aleatorizados con 4 réplicas, se sembró la cebada cervecera en forma simultánea con la aplicación, en líneas, de una dosis de 20 kg P ha^{-1} (superfosfato triple). Ambos ensayos se realizaron en campos experimentales (CHEI BARROW y EEA INTA-Bordenave), la labranza fue conservacionista y con agricultura continua. El área de las parcelas fue de 14 m^2 y la densidad de siembra fue de 280 semillas viables m^{-2} . Las dosis de nitrógeno fueron, en TA: Testigo (0N); 30 kg N (30N), 60 kg N (60N) y 90 kg N ha^{-1} (90N). En B: Testigo (0N); 25 kg N (25N), 50 kg N (50N) y 75 kg N ha^{-1} (75N). En los mismos estadios mencionados en la experiencia en invernáculo, se extrajeron muestras de vegetal (2 surcos de 50 cm), las que fueron secadas a 70°C , pesadas, molidas y tamizadas por 0,85 mm. En ellas se determinaron la materia seca de la biomasa aérea total, de las espigas y la respectiva concentración de nitrógeno (Bremner 1996). En el último estadio se determinaron, además, el rendimiento de granos y sus componentes, el porcentaje de proteínas y el índice de cosecha (IC). Simultáneamente a la extracción de las muestras de vegetal, se extrajeron muestras de suelo de todas las parcelas (dos por

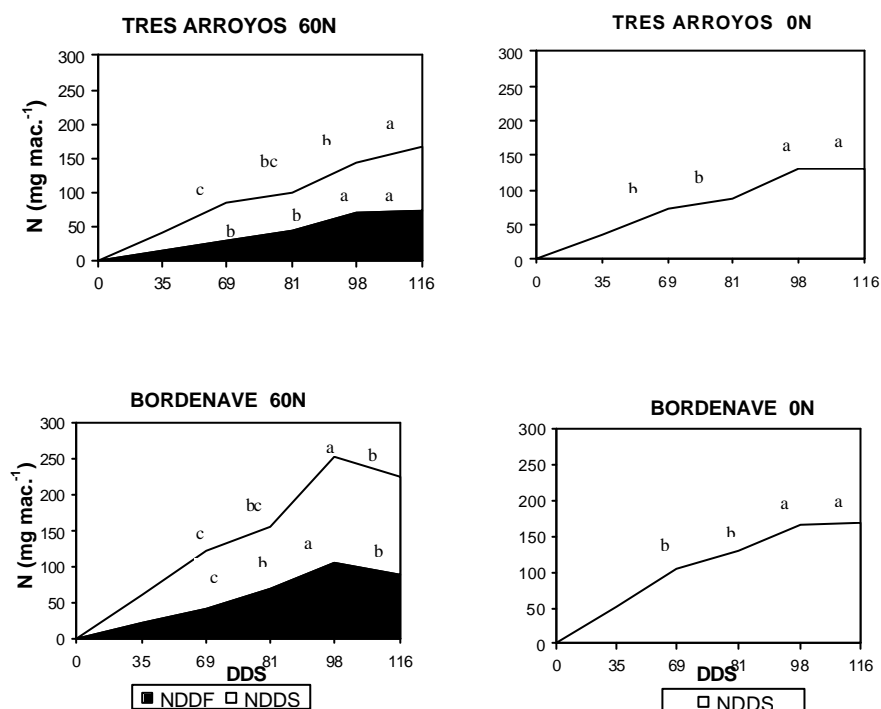


Figura 1. Absorción de nitrógeno del fertilizante (NDDF) y del suelo (NDDS) por la biomasa aérea de cebada cervecera, en diferentes estadios del ciclo, crecida en macetas, con aplicación (60N) y sin aplicación de urea marcada (0N). DDS: días desde la siembra. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figure 1. Nitrogen uptake from fertilizer (NDDF) and soil (NDDS) of the aerial biomass, over the growing season, in malting barley grown in pots with (60N) and without (0N) labelled urea application. DDS: days after seeding. Different letters indicate significantly differences ($P < 0,05$).

parcela), a las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm, las que se analizaron inmediatamente para la humedad actual y guardaron en refrigerador hasta el análisis de N-NO_3^- y N-NH_4^+ . Estas formas de nitrógeno inorgánico fueron extraídas con 2N KCl y determinadas por destilación con arrastre de vapor, con MgO y aleación Devarda. (Mulvaney 1996).

Las variables se analizaron por ANVA simple para cada fecha (combinación de distintas dosis y momentos de aplicación, $P < 0,05$) y, cuando se detectaron diferencias, las medias se compararon con el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

Ensayo en invernáculo

Sin fertilizante, la absorción de nitrógeno por la biomasa aérea de las plantas ocurrió principalmente en la primera parte del ciclo del cultivo (0-69 DDS) y la máxima acumulación se alcanzó en el estadio de grano lechoso (Figura 1). En el suelo B con 60N, la absorción de nitrógeno (especialmente del suelo) por las plantas entre espigazón y grano lechoso fue de gran magnitud. Posteriormente,

se observó una pérdida significativa de nitrógeno entre ese momento y madurez fisiológica, probablemente debido a una volatilización de amoníaco desde las hojas senescentes (McTaggart, Smith 1995), más que a una pérdida de nitrógeno por exudación de las raíces que no fue detectada (Figura 2).

La absorción inicial de nitrógeno por la biomasa aérea de las plantas 60N de TA fue más baja que en 60N de B ($P < 0,05$), y continuó así hasta el final del ciclo, lo que probablemente se debió a una menor disponibilidad del agua del suelo (el punto de marchitez permanente de TA es mayor que el de B, datos no mostrados). Otra posible razón podría ser la inmovilización del nitrógeno del fertilizante, que se compensó parcialmente con una mayor absorción de nitrógeno del suelo en el último período de desarrollo (96-116 DDS), como puede observarse en la Figura 1. Tampoco se observaron en ese período pérdidas de nitrógeno desde la biomasa aérea.

En los dos suelos la fertilización

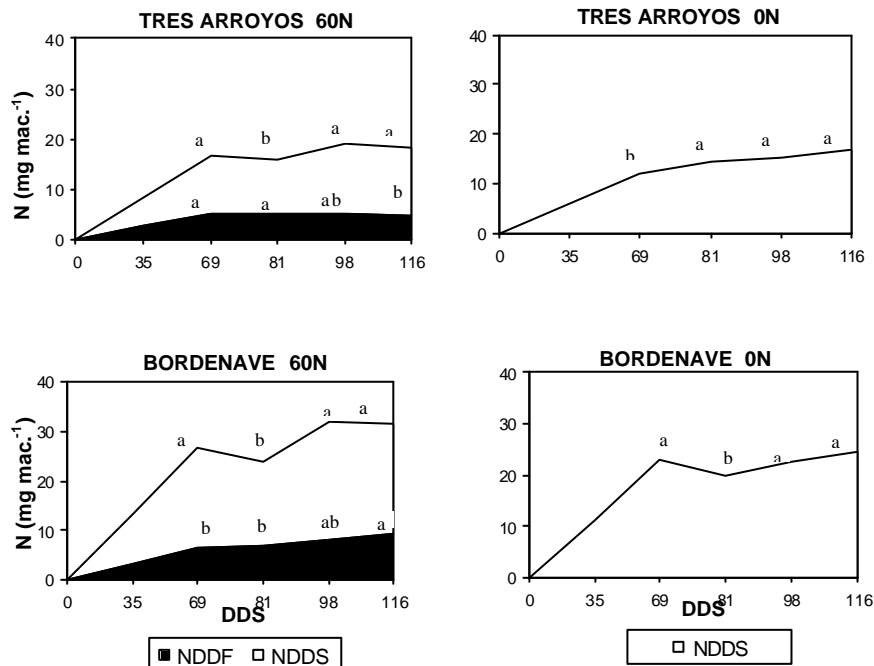


Figura 2. Absorción de nitrógeno del fertilizante (NDDF) y del suelo (NDDS) por las raíces de cebada cervecera, en diferentes estadios del ciclo, crecida en macetas, con aplicación (60N) y sin aplicación de urea marcada (0N). DDS: días desde la siembra. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figure 2. Nitrogen uptake from fertilizer (NDDF) and soil (NDDS) of roots, over the malting barley growing season, grown in pots with (60N) and without (0N) labelled urea application. DDS: days after seeding. Different letters indicate significantly differences ($P < 0,05$).

nitrogenada ocasionó un incremento del nitrógeno absorbido en la biomasa aérea de la cebada y la absorción de nitrógeno en ambos fue superior al aportado por la fertilización ($P < 0,05$). Inicialmente, la tasa de absorción de nitrógeno por las raíces fue superior a la tasa de acumulación de nitrógeno por la biomasa aérea (Figura 2). Se observó un decrecimiento significativo de nitrógeno en las raíces, en el estadio de espigazón, en los tratamientos 0N y 60N B, y 60N TA, lo que podría deberse al transporte de asimilados desde las raíces a los granos en desarrollo, a la descomposición de raíces viejas o a una combinación de ambos procesos. Desde macollaje, se observó una tendencia de disminución de la absorción de nitrógeno del fertilizante por las raíces de 60N TA, lo que tendría relación directa con la inmovilización mencionada anteriormente y, quizás, con una posible fijación de NH_4^+ . En cambio, en el suelo B las raíces mantuvieron una tendencia de aumento del contenido de nitrógeno del fertilizante hasta madurez.

En madurez fisiológica, el porcentaje de nitrógeno derivado del fertilizante (%NDDF) en las espigas, paja y raíces de las plantas de 60N TA fue 46, 40 y 26%, respectivamente. En las plantas de 60N B fue 38, 43 y 30%, respectivamente, lo que sugeriría que en este suelo hubo una menor removilización de nitrógeno del fertilizante hacia el grano.

Sin la aplicación de nitrógeno, los dos suelos brindaron rendimientos similares de espigas, con similares porcentajes de proteínas en sus granos (12,7%, promedio). La aplicación de nitrógeno en TA produjo un aumento significativo del rendimiento de las espigas ($P < 0,05$). Mientras que en el suelo B, produjo un aumento significativo de la concentración de proteínas en sus granos (13,6%).

Por último, la eficiencia de uso del nitrógeno del fertilizante (% EUN) fue baja en los dos suelos. En el suelo B la biomasa aérea recuperó significativamente mayor proporción: el 48% en la biomasa aérea y el 10% en las raíces, contra 38 y 2,7% de recuperación que

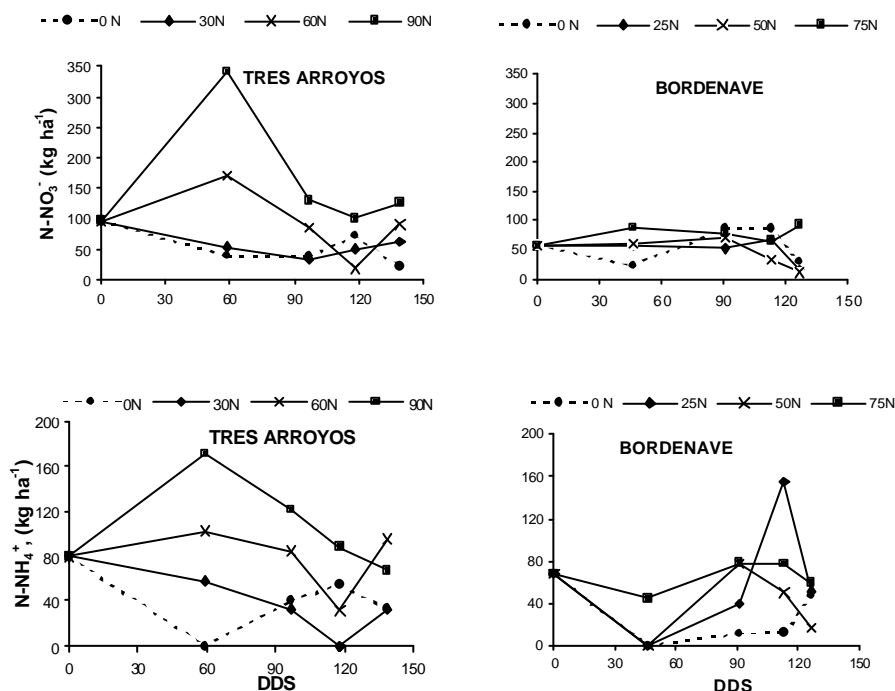


Figura 3: Dinámica estacional del nitrógeno mineral de los suelos (0-60 cm) en los estadios de siembra, 5° hoja, espigazón, grano lechoso y madurez fisiológica de la cebada cervecera. DDS: días desde la siembra.

Figure 3: Dynamic of mineral nitrogen in soils (0-60 cm) at seeding, fifth leaf, ear emergence, milky kernel and physiological maturity stages of malting barley. DDS: days after seeding.

brindaron las plantas fertilizadas de TA. Estos porcentajes fueron superiores a los calculados por el método de la diferencia (entre el rendimiento de nitrógeno del tratamiento 60N y del 0N), a saber: 30 y 3,9% para la biomasa aérea y raíces de B, respectivamente; 20 y 1% para la biomasa y raíces de TA, respectivamente. Estas diferencias se debieron a que la absorción de nitrógeno del suelo por parte de las plantas del tratamiento 60N fue menor que las del tratamiento 0N, donde las reservas de nitrógeno eran superiores al del fertilizante adicionado.

Ensayo de campo

La disponibilidad de nitrógeno inicial (Tabla 1 y Figura 3) fue alta en ambos suelos, con una contribución similar de N-NO_3^- y de N-NH_4^+ , y con contenidos superiores en TA. En todos los tratamientos del ensayo se observó una tendencia ascendente en el contenido de nitrógeno de la biomasa aérea hasta grano lechoso y de allí, una tendencia descendente hasta madurez. (Tabla 2). Esta, pudo deberse a pérdidas desde las hojas senescentes, a pérdida de hojas secas durante y después de la extracción de muestras, y a removilización hacia los granos. El período de mayor acumulación de nitrógeno se produjo entre los estadios fenológicos macollaje y espigazón. Los datos de la cosecha no mostraron diferencias significativas en la absorción de nitrógeno entre tratamientos, ya sea por la parte aérea o por las espigas.

En Bordenave, sólo se observó una disminución (estadísticamente no analizada) del ritmo de absorción de nitrógeno entre los estadios grano lechoso y madurez, en el tratamiento 75N. En los tratamientos fertilizados, la mayor acumulación también ocurrió entre macollaje y espigazón. Tampoco en la cosecha se observaron diferencias significativas en la absorción de nitrógeno por la biomasa aérea o las espigas, entre tratamientos (Tabla 2).

En ninguno de los dos sitios se observaron diferencias significativas en el rendimiento de granos, en el peso de mil granos ni en el IC por efecto de la fertilización (Tabla 3). Además, B brindó rendimientos superiores a los respectivos valores de TA, donde el IC fue más alto. El agregado de más de 30 kg N (en TA) o 25 kg N ha⁻¹ (en B) aumentó el porcentaje

de las proteínas del grano a niveles superiores al aceptado para el malteo ($P < 0,05$).

Del análisis de los testigos (0N) surge que, en macollaje, el nivel de N-NO_3^- de B bajó en una cantidad igual a la absorbida por el cultivo y no se detectó N-NH_4^+ , coincidentemente con una baja precipitación ocurrida en este primer período que no habría favorecido la mineralización de la materia orgánica del suelo. En TA, habría ocurrido algo similar, pero las plantas pudieron absorber N-NO_3^- en una cantidad mucho menor a su oferta. En el período macollaje-espigazón (46-91 DDS), la lluvia de 50 mm en B favoreció la mineralización y posterior nitrificación. También esto ocurrió en TA, pero con tres veces más de lluvia (170 mm, 59-97 DDS).

En el período espigazón-grano lechoso (97-118 DDS y 91-113 DDS en TA y B, respectivamente), una menor precipitación en TA y una mayor temperatura ambiental no alteraron los procesos que proporcionan nitrógeno disponible al suelo. Hubo una tendencia descendente de la absorción de nitrógeno por las plantas, con gran cantidad de las dos formas de nitrógeno remanentes en el suelo. En el mismo período, en cambio, los 111 mm de lluvia caídos en B, habrían favorecido una mayor nitrificación del NH_4^+ (aumento de N-NO_3^-), y/o inmovilización por los microorganismos del suelo (disminución de N-NH_4^+). En el momento de la cosecha, el suelo TA quedó con 21% de N-NO_3^- y 41% de N-NH_4^+ respecto a sus niveles iniciales (0-60 cm). En cambio, B quedó con 52% de N-NO_3^- y 71% de N-NH_4^+ .

En los tratamientos fertilizados de TA, la cantidad de N-NH_4^+ en el estadio de macollaje reflejó la hidrólisis reciente de la urea, que no se halló en B (salvo en 75N), posiblemente porque a los 46 DDS toda la urea fue inmovilizada y/o nitrificada. Llama la atención el gran contenido de N-NO_3^- en 60 y 90N de TA, en el estadio de macollaje, y su marcado descenso posterior. No debería descartarse que la lluvia de 170 mm, en el período macollaje-espigazón, hubiera ocasionado una situación de restringida disponibilidad de O_2 que indujera a una pérdida por desnitrificación, dado que la disminución de N-NO_3^- en ese período fue mucho más grande que la absorción de nitrógeno por el cultivo. Sin embargo, a pesar

Tabla 2. Contenido de nitrógeno en tallos-hojas y espigas de cebada cervecera, en diferentes estadios del ciclo, (kg ha⁻¹) (T + H: tallos-hojas).
Table 2. Nitrogen content in stems-leaves and spikes of malting barley at different growth stages (kg ha⁻¹). (T+H: stems-leaves).

	DDS	TRATAMIENTOS			
		0N	30N	60N	90N
Tres Arroyos kg ha ⁻¹					
Macollaje					
T + H.	59	31,6 a	38,0 a	29,7 a	25,5 a
Espigazón					
T + H.	97	80,6 a	63,1 a	65,6 a	73,4 a
Espigas		15,8 a	17,2 a	13,9 a	19,2 a
Total		96,4	80,3	79,5	92,6
Grano lechoso					
T + H.	118	37,0 a	30,1 a	36,0 a	32,2 a
Espigas		80,8 a	88,2 a	80,9 a	86,8 a
Total		117,8	118,3	116,9	119,1
Madurez fisiológica					
T + H.	139	16,0a	15,3 a	17,7 a	18,1 a
Espigas		56,4ab	52,2 a	73,9 ab	79,2 ab
Total		72,4	67,5	81,2	97,3
Bordenave kg ha ⁻¹					
Macollaje					
T + H.	46	34,3 a	35,2 a	40,2 a	36,4 a
Espigazón					
T + H.	91	52,0 a	58,3 a	65,6 a	79,9 a
Espigas		19,7 a	30,7 a	21,6 a	29,7 a
Total		71,7	82,9	87,2	109,6
Grano lechoso					
T + H.	113	26,3 a	23,3 a	28,3 a	36,3 a
Espigas		65,1a	61,3a	74,7a	124,4 b
Total		91,4	84,6	103,1	160,7
Madurez fisiológica					
T + H.	126	16,2ab	14,6 ab	29,5 b	19,5 ab
Espigas		79,1 a	85,5 a	95,1 a	86,8 a
Total		95,3	100,1	124,6	106,4

En cada localidad letras diferentes en la misma fila denotan diferencia significativa (P<0,05).

que este suelo soportó fluctuaciones pluviométricas más grandes que B, se observó una menor variación estacional de los niveles de las dos formas de nitrógeno disponible.

CONCLUSIONES

Los resultados del ensayo en invernáculo indican que, bajo condiciones de buena humedad del suelo durante todo el ciclo del cultivo e iguales condiciones ambientales, existiría un sustancial poder de suministro de nitrógeno de las reservas de los suelos utilizados en la experiencia, al menos para producir cebada de calidad para malteo. A su vez, las plantas responderían en forma diferente a la absorción y removilización del nitrógeno del fertilizante. En Tres Arroyos la absorción de nitrógeno continuó hasta madurez, mientras que en Bordenave las plantas sufrieron

Tabla 3. Rendimiento de granos, contenido proteico, peso de 1000 granos e índice de cosecha (IC) de la cebada cervecera.

Table 3. Grain yield, grain protein, weight 1000 grains and harvest index (IC) of malting barley.

Tratamiento	Rendimiento kg ha ⁻¹	Proteína %	Peso 1000 g	IC
0N	3362 a	9,6 a	38,83 a	0,49
30N	2768 a	10,7 ab	34,38 a	0,41
60N	3430 a	12,3 bc	36,82 a	0,48
90N	3303 a	13,7 cd	35,95 a	0,42
Bordenave				
0N	4062 a	11,0 a	38,0 a	0,31
25N	4253 a	11,4 ab	36,5 a	0,36
50N	3954 a	13,7 b	34,6 a	0,32
75N	3810 a	13,2 ab	35,4 a	0,31

En cada localidad letras diferentes en la misma columna denotan diferencia significativa (P<0,05)

pérdidas de nitrógeno en el último período de desarrollo. Esto tendría relación directa con la velocidad de la planta para usar el agua disponible del suelo y con el nitrógeno disponible que aún permanece en el mismo, aspectos que estarían íntimamente relacionados con el *turnover* mineralización-inmovilización y su interacción con la textura del suelo.

También en los ensayos de campo, la cebada sin fertilizar acumuló una gran cantidad de nitrógeno, tempranamente en su ciclo de crecimiento, debido al manejo adecuado del suelo previo a la siembra, sin diferenciarse de los tratamientos fertilizados. Esto se debería a la alta disponibilidad inicial de nitrógeno de ambos suelos, a pesar de las diferencias climáticas entre sitios. Consecuentemente, la eficiencia de uso del nitrógeno del fertilizante fue, en general, muy baja y la adición de urea no aumentó significativamente los rendimientos. La adición de más de 30 kg en TA ó 25 kg N ha⁻¹ en B, sólo favoreció un incremento de la concentración de las proteínas de los granos de cebada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con fondos aportados por la ANPCyT (PICT 97 N° 08-00061), el CONICET (PIP N° 0280/98), y la UNS (PGIC 24/A 068). Los autores agradecen la colaboración de T. Loewy (EEA del INTA,

Bordenave), de R. Bergh (MAGyA del INTA, Barrow) y de la empresa CARGILL S.A.

REFERENCIAS

- Aigner M. 1998. Handbook on quality assurance measures applied in total N and ¹⁵N plant analysis. Soil Science Unit, IAEA Seibersdorf Laboratories, Austria. 67 pp.
- Bremner JM. 1996. Nitrogen - Total. pp.1085-1123. En: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Sparks DL (Eds.), SSSA-ASA, Madison, Wisconsin, USA.
- Booncho S, Fukai S, Hetherington SE. 1998. Barley yield and grain protein concentration as affected by assimilate and nitrogen availability. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 695-706.
- Carter MR, Rennie DA. 1987. Effects of tillage on deposition and utilization of ¹⁵N residual fertilizer. *Soil & Tillage Research* 9:33-43.
- Fiedler R, Prokch G. 1985. The determination of ¹⁵N by emission and mass spectrometry in biological analysis: A review. *Anal. Chim. Acta* 78: 1-62.
- Gallagher EJ, Doyle A, Dilworth D. 1987. Effect of management practices on aspects of cereal yield and quality. *Aspects of Applied Biology* 15. Cereal Quality, 151-170.
- Lord EI, Vaughan J. 1987. Optimising nitrogen applications for the production of malting barley. *Aspects of Applied Biology* 15. Cereal Quality, 319-335.
- McTaggart IP, Smith KA. 1995. The effect of rate, form and timing of fertilizer N on nitrogen uptake and grain N content in spring malting barley. *Journal of Agricultural Science*. 125: 341-353.
- Mulvaney RL. 1996. Nitrogen Inorganic forms. pp.1123-1184. En: *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Sparks DL (Eds.), SSSA-ASA, Madison, Wisconsin, USA.
- Prystupa P, Scheiner JD, Martínez D, Lavado RS. 1998. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera en dos ambientes del norte de la Provincia de Bs.As. IV Congreso Nacional de Trigo. *Actas*, 3-57.
- Ron M, Loewy T. 1996. Análisis de la respuesta de cebada cervecera a nitrógeno y fósforo en tres suelos del Sudoeste Bonaerense (Argentina). *Ciencia del Suelo* 14:47-49.
- Savio HN. 1998. Cebada cervecera - Situación actual y futura. IV Congreso Nacional de Trigo y II Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. *Actas*, 6-05.
- Zadocks JC, Chang TT, Konzak CF. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.