

Aplicación fraccionada de nitrógeno en colza (*Brassica napus* L. spp *oleifera* forma *annua*): efectos sobre el rendimiento y la calidad de la semilla

L. N. TAMAGNO, A. M. CHAMORRO & S. J. SARANDÓN¹

Cultivos Industriales, Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. CC 31, 1900 La Plata, Argentina. ¹ CIC, Provincia de Buenos Aires. E-mail: ltamagno@ceres.agro.unlp.edu.ar

TAMAGNO, L. N., A. M. CHAMORRO & S. J. SARANDÓN. 1999. Aplicación fraccionada de nitrógeno en colza (*Brassica napus* L. spp *oleifera* forma *annua*). Efectos sobre el rendimiento y la calidad de la semilla. Rev. Fac. Agron., La Plata 104 (1): 25-34.

El cultivo de colza requiere un suministro eficiente de nitrógeno para mantener una producción sostenible, lo que está relacionado con el momento en que esté disponible para el cultivo. Para evaluar el comportamiento del cultivo de colza-canola ante la aplicación fraccionada del fertilizante nitrogenado se realizaron 2 ensayos a campo en La Plata durante los años 1994 y 1995. Se sembraron 2 cultivares de primavera (Iciola 41 y Global) sometidos a los siguientes tratamientos: N0: testigo sin fertilizar y la aplicación de 90Kg de N.ha⁻¹ en los siguientes momentos: N1: todo a la siembra; N2: en partes iguales en dos momentos (siembra y fin de roseta) y N3: en partes iguales en tres momentos (siembra, fin de roseta e inicios de floración). En madurez se evaluó la biomasa, el rendimiento y sus componentes y se determinó el contenido de nitrógeno y de materia grasa de la semilla. En 1995 se determinó además biomasa y nitrógeno acumulado en planta en los estados fin de roseta, inicios de floración y madurez. Sobre el cultivar Global se determinó el índice de área foliar en distintos momentos del desarrollo. No se encontró interacción entre cultivares y tratamientos para el rendimiento y sus componentes. En 1994 con la fertilización, sobre todo en dosis fraccionada, aumentó el rendimiento y la biomasa, encontrándose diferencias significativas en rendimiento entre N0 vs. N2 y N3 (94, 196 y 212 g.m⁻² respectivamente). Este aumento se relacionó con un mayor número de semillas.m⁻² y sílicuas.m⁻² y no con el peso de mil semillas. El contenido de N y de aceite en las semillas estuvo influenciado principalmente por las condiciones del año, aunque se observó una interacción significativa entre cultivares y tratamientos de fertilización. En 1995 no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para ninguna de las variables analizadas, debido posiblemente a las condiciones hídricas del año. Nuestros resultados indican que las características hídricas del año condicionan el aprovechamiento del nitrógeno disponible y, por lo tanto, la respuesta del cultivo a la fertilización. Cuando las condiciones del año permiten una respuesta al agregado de N, la aplicación en dosis fraccionada resulta más eficiente en el uso del nitrógeno que la aplicación en una única dosis, debido a un aumento en los componentes que determinan un mayor número de granos.

Palabras clave: fertilización, Recuperación aparente del N, Índice de nutrición nitrogenada, eficiencia agronómica de uso del N.

TAMAGNO, L. N., A. M. CHAMORRO & S. J. SARANDÓN. 1999. Split N application on rapeseed (*Brassica napus* L. sp *oleifera* forma *annua*). Effects on seed yield and seed quality. Rev. Fac. Agron., La Plata 104 (1): 25-34.

The higher nitrogen demand by rapeseed crop needs an adequate supply to maintain a sustainable production, which is highly dependent on the moment of N availability for the crop. The effect of splitting N application was evaluated during two years 1994, and 1995 in a field experiment in La Plata on two spring rapeseed cultivars (Iciola 41 and Global). Fertilisation treatments were: N0: (control) and the application of 90Kg of N.ha⁻¹ (as urea) in N1: all at sowing, N2: half at sowing and half

at the end of rosette stage and N3: 1/3 at sowing, 1/3 at the end of rosette stage and 1/3 at flowering onset. Biomass production, seed yield and its components were evaluated at ripeness and seed N and oil seed content were also measured. During 1995 biomass production and N accumulation at different phenological stages of crop development were also evaluated. Leaf area index was evaluated during different phenological stages on Global cultivar. No interactions were found between cultivars and fertilisation treatments for seed yield and its components. In 1994, N application, mainly as split dose, increased seed yield and biomass production. Significant differences were found between treatments N0 vs. N2 and N3 (94, 196 y 212 g.m⁻² respectively). The higher seed production in this year was related to more number of seeds and siliques.m⁻² but not to a higher seed weight. Seed N and oil content were influenced mainly by year. A significant fertilisation x cultivar interaction was observed. During 1995 no significant differences were observed between fertiliser treatments for all the variables evaluated probably due to a severe water deficit observed during the most sensitive crop period. Our results suggest that fertilisation response is highly dependent on year characteristics, specially on water availability during critic stages of crop development. When weather conditions are favourable for N response, application as split form results a more effective way to improve N agronomic efficiency for seed yield due to its effect on those components associated to seed number formation.

Key words: fertilisation, apparent N recovery, agronomic N use efficiency, nitrogen nutrition index (NNI)

INTRODUCCIÓN

La colza ocupa un importante lugar en la producción mundial de oleaginosas. En la Argentina su cultivo se encuentra en una etapa de difusión y se presenta como una interesante alternativa del trigo, por ser de ciclo invernal y por tener requerimientos que le permitirían difundirse en la región pampeana.

La colza es un cultivo muy exigente en nitrógeno (Triboi-Blondel, 1988a y Sarandón *et al.*, 1996a). Para lograr una producción sostenible se requiere un eficiente suministro de este nutriente, lo que está relacionado no sólo con la dosis de fertilizante aplicado, sino con el momento en que está disponible para el cultivo (Sarandón *et al.*, 1993).

El área foliar de este cultivo comienza a decrecer por senescencia antes de la floración (Tayo & Morgan, 1975), siendo el N responsable del área foliar lograda y de su persistencia (Triboi-Blondel, 1988a). La duración del área foliar fotosintéticamente activa en el momento del desarrollo de los frutos jóvenes es un factor muy asociado al rendimiento (Allen & Morgan, 1972). En este sentido, tanto el número de silicuas por planta como el número de semillas por silicua dependen de la nu-

trición carbonada proveniente de la actividad fotosintética de las hojas (Leterme, 1988).

La fertilización nitrogenada mejora el índice de área foliar, el peso total de la planta, el número de frutos y el número de semillas por fruto, entre otros efectos (Allen & Morgan, 1972). La sensibilidad del número de silicuas y semillas por planta a la fertilización nitrogenada ya ha sido mencionada en otro trabajo (Sarandón *et al.*, 1993, 1996 a).

La práctica más utilizada para la aplicación de N es mediante la fertilización en la siembra. Sin embargo, debido a las pérdidas de N-NO₃⁻ por lixiviación, es posible que la dosis aplicada no sea totalmente aprovechada por el cultivo en los estados de mayor requerimiento de este nutriente. Esto resulta de importancia considerando además el impacto ambiental de la lixiviación de nitrógeno que ya constituye un serio problema en algunos países industrializados (Newbould, 1989), por lo que deben buscarse formas más eficientes de aplicación de fertilizante.

La etapa crítica en la determinación del rendimiento, comienza entre dos y tres semanas antes de la floración (Tayo & Morgan, 1975) entre los estados de fin de roseta e inicios de floración. La aplicación fraccionada de

la dosis de fertilizante nitrogenado, parte en la siembra y parte en el primero o en ambos estados mencionados, podría ser una alternativa para mejorar el rendimiento y la eficiencia de uso del nitrógeno del cultivo de colza. La importancia del momento de aplicación además de la dosis de fertilizante empleado ya ha sido señalada anteriormente (Sarandón *et al.*, 1993). Por su parte, Cordeiro *et al.*, (1993) encontraron mayores rendimientos cuando fraccionaron la aplicación de N 1/3 a la siembra y 2/3 a los 30 ó 60 días de la emergencia, aunque esto estuvo muy influenciado por las condiciones hídricas del suelo

Una alta disponibilidad de nitrógeno previo al comienzo de la senescencia de las hojas podría determinar mayor área foliar y duración de la misma garantizando una mayor provisión de asimilados, lo que se traduciría en el logro de un mayor número de silicuas y semillas por silicua. Sin embargo, las respuestas a la fertilización podrían ser dependientes del genotipo y de las condiciones ambientales. En este sentido, se considera que el efecto de la aplicación de N puede ser afectado por la ocurrencia de déficit hídricos durante el período crítico del cultivo, situado alrededor de la etapa de floración (Murphy & Pascale, 1989).

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de la aplicación de nitrógeno fraccionada en diferentes momentos del desarrollo sobre el rendimiento y la calidad de la semilla en dos cultivares de colza-canola

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental J. Hirschhorn (34°52' S), La Plata, Argentina, durante 1994 y 1995, sobre un suelo argiudol típico con las siguientes características en la capa arable: pH:5,6 y 5,6; P (Bray Kurtz I): 3,5 y 19,0 ppm; N total: 0,21 y 0,24% y MO: 4,1 y 4,25 % para los años 1994 y 1995 respectivamente.

Se sembraron los cultivares Iciola 41 y Global a una densidad aproximada de 200 plantas.m⁻² en ambos años, en parcelas de 1,40 x 5,5 m (7 surcos a 0,20 m). En 1994 se sembró en forma manual y en 1995 con sembradora experimental de conos, de acuerdo a un arreglo factorial (2 cultivares x 3 tratamientos de fertilización) según un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: N0: testigo sin fertilizar y la aplicación de 90Kg de N.ha⁻¹ en los siguientes momentos: N1: todo a la siembra; N2: 1/2 aplicado a la siembra y 1/2 en fin de roseta (C2) y N3: 1/3 aplicado a la siembra, 1/3 en fin de roseta (C2) y 1/3 en inicios de floración (F1). Los estados de desarrollo se determinaron según CETIOM (1978) (Tabla 1). El nitrógeno se aplicó como urea (46-0-0) distribuida al voleo en cobertura total. Todas las parcelas recibieron una fertilización de base con superfosfato triple de calcio (0-46-0) a razón de 30 y 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ en 1994 y 1995 respectivamente.

Las parcelas se mantuvieron libres de

Tabla 1. Registro fenológico del cultivo de colza durante los años 1994 y 1995, según CETIOM (1988).
Phenological stages of rapeseed crop during 1994 and 1995, according to CETIOM, 1988.

Año	Siembra	C2	F1 Global	F1 Iciola 41	G5 Global	G5 Iciola 41
1994	31/5	11/8	20/9	2/9	22/11	2/11
1995	24/5	9/8	19/9	4/9	24/11	14/11

malezas mediante controles manuales o químicos. En madurez, se cosecharon 3 fracciones de 0,5 m lineales de surcos contiguos de la parte central de la parcela (0,30 m²). Las plantas se extrajeron completas, se desecharon las raíces y se trillaron manualmente. Se secaron en estufa con circulación forzada de aire a 60 °C durante 48 hs y se evaluó el rendimiento y sus componentes, biomasa total e índice de cosecha (IC). Se determinó el contenido de materia grasa (método Soxhlet) y de nitrógeno (método micro Kjeldhal) en las semillas.

En 1995, se efectuaron cosechas de 0,30 m² en los estados de C2 y F1, se llevó a estufa (a 60 °C durante 48 hs) y se registró el peso seco de la biomasa aérea. Sobre este material se determinó el contenido de nitrógeno. Se calculó el Índice de Nutrición Nitrogenada (INN) como la relación entre la concentración de nitrógeno en la planta y la concentración crítica de nitrógeno, de acuerdo a la curva de dilución del nitrógeno en colzas de invierno determinada por Colnenne *et al.*, (1998). Sobre el cultivar Global se realizaron mediciones del área foliar por un método no destructivo (Confalone *et al.*, 1993) en los estados B4 (4 hojas verdaderas:24/7), E (botones florales separados: 12/9) y G3 (10 primeras sili-cuas mayores a 4 cm.: 3/10). Con estos valores se calcularon los correspondientes índices de área foliar (IAF).

Se calculó el porcentaje de recuperación aparente del nitrógeno (RAN %) y la eficiencia agronómica del nitrógeno (EfA) para semilla y biomasa, mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{RAN}\% = \frac{\text{N en tratam.fertilizado} - \text{N en testigo} \times 100}{\text{N aplicado}}$$

$$\text{EfA} = \frac{\text{rend.del tratam. fertilizado} - \text{rend. del testigo}}{\text{N aplicado}}$$

Los datos se procesaron mediante el análisis de la varianza para un diseño factorial, evaluando los factores principales y las interacciones. Para la comparación de las medias se usó la prueba de Tukey al nivel de 0,05 de probabilidad.

RESULTADOS

Se observó un desarrollo muy diferente del cultivo en ambos años y una distinta respuesta ante los tratamientos de fertilización. No se observaron diferencias entre tratamientos ni cultivares en la densidad de plantas a cosecha lograda en ambos años, que fue de 134 (± 12) plantas.m⁻² en 1994 y de 145 (± 15) plantas.m⁻² en 1995. En 1994 la implantación y el crecimiento en los primeros estados de desarrollo fueron deficientes, posiblemente debido al encharcamiento observado en las primeras etapas y al sistema de siembra utilizado. Tanto la biomasa total en madurez, como el rendimiento en semilla en 1994 (634 y 164 g.m⁻² respectivamente) fueron inferiores a los obtenidos en 1995 (1114 y 259 g.m⁻² respectivamente). Las precipitaciones registradas durante el desarrollo del cultivo (Figura 1) presentaron importantes diferencias entre años, observándose en 1995 baja ocurrencia de lluvias en coincidencia con el período crítico del cultivo. En el ciclo del cultivar Global (el más tardío) se registraron 29,9 mm de precipitaciones en el período comprendido entre C2 y F1 y sólo 4 mm entre F1 y G3. Las temperaturas medias mensuales durante el ciclo en ambos años fueron en promedio (°C): mayo 13,9, junio 10,8, julio 9,6, agosto 10,9, septiembre 14,1, octubre 16,4 y noviembre 20,1.

En 1994 la fertilización provocó aumentos significativos de rendimiento y biomasa sólo cuando se aplicó en forma fraccionada (N2 y N3) (Tabla 2). La eficiencia agronómica del nitrógeno para la producción de semilla aumentó con el fraccionamiento de la fertili-

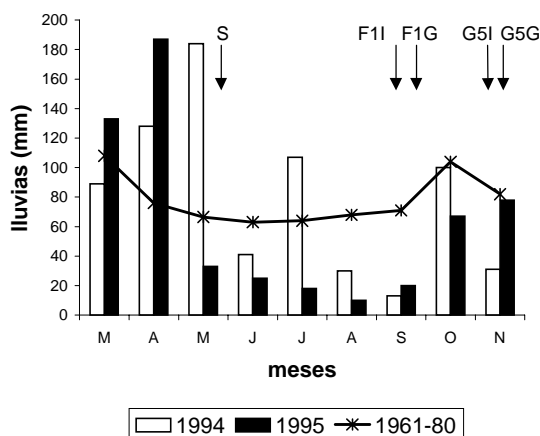


Figura 1: Precipitaciones durante el ciclo del cultivo, años 1994, 1995 vs promedio histórico. Las flechas indican el momento aproximado de ocurrencia de diferentes estados fenológicos del cultivo en ambos años, S: siembra; F1I: inicios de floración; G5: madurez; I: Iciola 41; G: Global.

Rainfall during crop development in 1994, 1995 and historical mean. Arrows indicated approximately different crop phenological stages on both years. S: sowing; F1: flowering onset; G5: ripeness; I: Iciola 41; G: Global.

zación desde 5,63 para N1 hasta 11,35 y 13,11 para N2 y N3 respectivamente. Este año, el aumento de los rendimientos estuvo asocia-

do principalmente a un mayor número de silicuas.m⁻² y semillas.m⁻². Los restantes componentes del rendimiento (peso de mil semi-

Tabla 2. Biomasa en madurez (G5), rendimiento y sus componentes en dos cultivares de colza. Año 1994. Total biomass production, seed yield and its components at ripeness (G5), in two rapeseed cultivars in 1994.

Tratam.	Biomasa G5 (g.m ⁻²)	Rendim. (g.m ⁻²)	Indice de Cosecha IC	Silicuas. m ⁻²	Semillas. m ⁻²	Semilla. Silicua ⁻¹	Peso mil semillas PMS (g)
N0	404 b	94 b	0,23 a	2844 b	31113 b	10,9 a	3,19 a
N1	610 ab	152 ab	0,25 a	3824 ab	54090 ab	13,7 a	3,07 a
N2	712 a	197 a	0,28 a	4354 ab	66140 a	15,8 a	3,10 a
N3	805 a	212 a	0,26 a	4985 a	67526 a	13,0 a	3,46 a
Iciola41	567 a	154 a	0,26 a	4346 a	61016 a	13,6 a	2,70 b
Global	705 a	175 a	0,24 a	3646 a	48041 a	13,1 a	3,75 a
CV%	30	36	14	27	42	29	17
Interacc. cult. x fert.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los valores dentro de una misma columna, para los tratamientos y los cultivares separadamente, seguidos por la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí, al valor de 0,05 de probabilidades según el test de Tukey. CV%: coeficiente de variación. ns: no significativo (P<0,05)

Within each column and treatment values followed by the same letter do not differ statistically between them, according to Tukey test (P>0,05)

Tabla 3. Biomasa en los estados de fin de roseta (C2), inicios de floración (F1) y madurez (G5), rendimiento y sus componentes, en dos cultivares de colza. Año 1995.

Total biomass production at the end of rosette stage (C2), flowering onset (F1) and at ripeness (G5), seed yield and its components in two rapeseed cultivars in 1995.

Tratam.	Biomasa C2 (g.m ⁻²)	Biomasa F1 (g.m ⁻²)	Biomasa G5 (g.m ⁻²)	Rendim. (g.m ⁻²)	IC	Silicuas .m ⁻²	Semillas .m ⁻²	Semillas .Silicua ⁻¹	PMS
N0	167 a	519 a	1044 a	252 a	0,24 a	2794 a	84012 a	31 a	2,94 a
N1	171 a	526 a	1136 a	268 a	0,23 a	2841 a	86508 a	30 a	3,09 a
N2	159 a	547 a	1093 a	240 a	0,22 a	2842 a	84060 a	31 a	2,94 a
N3	150 a	516 a	1182 a	278 a	0,23 a	3211 a	94705 a	31 a	2,98 a
Iciola41	186 a	428 b	1131 a	300 a	0,26 a	3552 a	10312 a	29 a	2,92 a
Global	138 b	628 a	1096 a	218 b	0,20 b	2280 b	71242 b	31 a	3,06 a
CV%	24	18	18	30	15	15	27	24	18
Interac. cult.x fert.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Referencias: como en Tabla 1

References: as in Table 1

llas y semillas por silicua) no fueron modificados por la fertilización y el peso de mil semillas solo difirió entre cultivares. No hubo interacción significativa entre variedades y tratamientos para biomasa, rendimiento y sus componentes.

A diferencia de lo observado en 1994, en el ensayo de 1995 la fertilización no afectó la biomasa en ninguno de los estados de desarrollo evaluados ni el rendimiento en semilla en la madurez (Tabla 3). Sí se observaron diferencias entre cultivares en la biomasa acumulada en fin de roseta (C2) e inicios de floración (F1). A pesar de que no fueron observadas diferencias entre cultivares en los valores de biomasa en madurez (G5), Iciola 41 mostró un mayor rendimiento que Global debido a una mayor eficiencia en la partición de la materia seca al grano (índice de cosecha), el que estuvo relacionado con un mayor número

de semillas.m² (Tabla 3). No se observaron diferencias en el número de semillas por silicua ni en el peso de mil semillas.

Los valores de IAF en los diferentes estados de desarrollo del cultivar Global durante 1995 fueron: 0,66 en B4; 7,91 en E y 4,92 en G3 y no se diferenciaron entre tratamientos.

Los porcentajes de nitrógeno en planta en los distintos estados fueron muy elevados y no fueron afectados por los tratamientos. Los valores promedio del ensayo fueron: 5,0% en C2; 4,0% en F1 y 1,65% en G5. Tampoco se observaron diferencias en los valores de N acumulado en ninguno de los momentos evaluados (Tabla 4). El comportamiento de los cultivares fue significativamente diferente pero no se encontró interacción cultivar x tratamiento para estas variables. En madurez la acumulación total de N no difirió entre cultivares,

Tabla 4. Acumulación de nitrógeno (g.N.m²) en distintos estados fenológicos e índice de cosecha del nitrógeno (ICN), en dos cultivares de colza, durante 1995.

Nitrogen accumulation at diferent phenological stages and nitrogen havest index in two rapeseed cultivars during 1995.

Tratamientos	C2	F1	G5 (madurez)			
			total	Semillas	Paja	ICN
N0	8,52 a	20,21 a	17,43 a	9,83 a	7,60 a	0,56 a
N1	8,66 a	20,31 a	17,69 a	9,40 a	8,29 a	0,53 a
N2	7,90 a	23,30 a	17,45 a	9,07 a	8,38 a	0,52 a
N3	7,41 a	20,17 a	20,81 a	10,96a	9,85 a	0,52 a
Iciola41	9,08 a	17,53 b	18,00 a	11,01a	6,99 a	0,61 a
Global	7,18 b	24,56 a	18,59 a	8,54 b	10,05 b	0,45 b
Interac. cult x fert	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Referencias: como en Tabla 1

References: as in b b Ttable 1

aunque Iciola 41 fue mucho más eficiente en la partición hacia el grano (ICN) que Global (Tabla 4).

Los INN determinados en inicios de floración (F1), para el año 1995, fueron muy elevados: N0=1,31; N1=1,34; N2=1,46 y N3=1,31; indicando la ausencia de déficit de nitrógeno

en todas las situaciones.

Los contenidos de materia grasa y de nitrógeno en semilla se vieron afectados principalmente por las condiciones del año. En ambos ensayos se encontró interacción entre tratamientos y cultivares para estas variables (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentajes de nitrógeno y materia grasa de las semillas en dos cultivares de colza (I: Iciola 41 y G: Global), en 1994 y 1995.

Seed nitrogen and oil percentage at ripeness in two rapeseed cultivars (I: Iciola 41 y G: Global), in 1994 and 1995.

Tratam.	1994				1995			
	%N		%MG		%N		%MG	
	I	G	I	G	I	G	I	G
N0	2,73 a	2,42 a	49,79 b	51,84 bc	3,80 a	4,12 a	42,22 b	38,83 b
N1	2,47 a	2,48 a	49,67 b	52,67 ab	3,29 b	3,88 ab	43,61 a	37,41 c
N2	2,61 a	2,59 a	49,90 b	53,33 a	3,81 a	3,74 b	41,37 b	40,59 a
N3	2,41 a	2,59 a	50,96 a	51,59 c	3,91 a	3,96 ab	42,59 ab	37,92 b c

Referencias: como en Tabla 1

References: as in Table 1

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sugieren la existencia de un fuerte componente ambiental en la respuesta a la fertilización fraccionada en colza, principalmente dependiente de las condiciones hídricas del año.

El comportamiento del cultivo observado en 1994, indicaría un mejor aprovechamiento del fertilizante cuando se aplican dosis en forma fraccionada. Esto concuerda con los aumentos observados en la eficiencia agronómica del nitrógeno para semilla en los tratamientos N2 y N3 que duplicaron al de N1 y confirma los resultados de Cordeiro *et al.* (1993). La poca diferencia entre los rendimientos del testigo y el tratamiento N1, sugeriría una baja capacidad del cultivo de aprovechar la alta disponibilidad de nitrógeno en estados tempranos de su desarrollo.

La respuesta en los rendimientos observada en 1994, estuvo asociada a un aumento en el número de silicuas.m⁻² y semillas.m⁻², confirmando la sensibilidad de estos componentes a la fertilización nitrogenada (Sarandón *et al.*, 1993, 1996a). Estos componentes dependen estrechamente de la nutrición carbonada del ápice y los órganos reproductivos y, por lo tanto, de la actividad fotosintética de las hojas (Leterme, 1988), cuya senescencia está determinada por la traslocación de los compuestos carbonados y nitrogenados hacia las flores y frutos (Leterme, 1988). Este proceso comienza poco antes de floración (Tayo & Morgan, 1975). Por lo tanto, una alta disponibilidad de nitrógeno en estos momentos, determinaría una mayor persistencia del área foliar (Triboi-Blondel, 1988a) y garantizaría una mayor provisión de asimilados cuando estos componentes se definen.

A diferencia de lo ocurrido en 1994, en 1995 no se encontró respuesta a la fertilización, lo que se podría relacionar principalmente con las distintas condiciones hídricas de ambos años. El período crítico para el estrés hídrico del cultivo comienza con la aparición

de botones florales y tiene su máximo a los 30 días de comenzada la floración (Murphy & Pascale, 1989). La baja ocurrencia de precipitaciones en 1995, en coincidencia con esta etapa, habría impedido el aprovechamiento del nitrógeno disponible en forma tardía. Esto concuerda con los bajos valores de RAN, para semilla (2,51) y biomasa (12,94), muy inferiores a los encontrados en otros ensayos (Sarandón *et al.*, 1996b y Hocking *et al.*, 1997) y explicaría la falta de diferencias observadas entre tratamientos, en el rendimiento y sus componentes.

Además, los altos valores de INN medidos en el estado de floración, superiores a 1 en todos los tratamientos, indicarían que hasta ese momento, el nitrógeno no habría resultado limitante del desarrollo del cultivo. Esto explicaría, por un lado la falta de diferencias entre testigo y los tratamientos fertilizados y, por el otro, el buen nivel de rendimientos alcanzados.

El número de silicuas.m⁻² fue bajo (menor al observado en 1994) y no se modificó con la fertilización, lo que sugiere que este componente pudo haber sido afectado por un déficit hídrico, coincidiendo con lo encontrado por Champolivier & Merrien (1996) y Sarandón *et al.* (1996a). Por otra parte, el alto número de semillas por silicua en todos los tratamientos, indicaría que se habrían restablecido condiciones hídricas adecuadas al definirse este componente del rendimiento.

El peso de mil semillas no se modificó con la fertilización ni aún en 1994, lo que confirma el fuerte efecto genético sobre este factor y coincide con lo encontrado por Allen & Morgan (1972). Esto sugiere que en condiciones de campo, donde no se controlan temperatura y humedad, una mayor disponibilidad de nitrógeno afectaría principalmente el número de semillas y no su peso, a diferencia de lo encontrado por Kullman *et al.* (1990) en condiciones controladas.

Triboi-Blondel (1988b) encontró correlación entre el índice de área foliar lograda en

inicios de floración y el rendimiento del cultivo. Los valores de IAF determinados en el ensayo del año 1995, no se diferenciaron con la fertilización, lo que estaría asociado a la falta de respuesta en el rendimiento. Los altos valores obtenidos sugieren que la eficiencia en la captación de la luz no habría resultado limitante para el rendimiento del cultivo. El IAF en el estado de botones florales separados (E) fue de 7,48, mayor aún que los citados por Pérez Torres & Díaz de la Guardia (1982), que encontraron IAF máximos de 5,5.

Los contenidos de materia grasa y nitrógeno en semilla se vieron afectados principalmente por las condiciones hídricas del año. Los resultados de ambos años confirmarían la correlación negativa entre el contenido de aceite y el de nitrógeno en la semilla, citada por varios autores (Hocking *et al.*, 1997; Triboi-Blondel, 1988a; Cordeiro *et al.*, 1993 y Champolivier & Merrien, 1996). Por su parte, las bajas concentraciones de materia grasa en semilla en 1995, se relacionarían con la baja disponibilidad de agua observada durante el período crítico, lo que concuerda con lo hallado por Champolivier & Merrien (1996).

En ambos años se encontró interacción tratamiento x cultivar para el contenido de materia grasa y de N en la semilla a distintos niveles de significancia. Esto debería ser objeto de futuros estudios, dado que no se podría explicar con nuestros datos.

Los presentes resultados permiten concluir que el aprovechamiento del nitrógeno disponible y, por lo tanto, la respuesta del cultivo a la fertilización están asociadas, entre otros factores, a las características hídricas del año. Cuando las condiciones permiten la respuesta al agregado de N, la aplicación de fertilizante en dosis fraccionadas, garantiza la disponibilidad del nutriente en etapas del cultivo importantes para la determinación del rendimiento, debido a su efecto sobre el número de silicuas.m² y semillas.m². Esta práctica permite aumentar la eficiencia agronómica del nitrógeno para la producción de semilla, lo que

resulta de importancia para la sustentabilidad de los sistemas de producción.

La interacción entre cultivares y fertilización observada en los contenidos de nitrógeno y de aceite en las semillas, debería ser objeto de futuros estudios.

AGRADECIMIENTOS

Se contó con financiamiento de la Universidad Nacional de La Plata y CIC Provincia de Buenos Aires. Datos preliminares de este trabajo fueron presentados en el I Congreso Nacional de Soja y II Reunión Nacional de Oleaginosos, 1995, Pergamino, Argentina y en la III Reunión Nacional de Oleaginosos, 1998, Bahía Blanca, Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, E.J. & D.G. Morgan.** 1972. A quantitative analysis of the effects of nitrogen on the growth, development and yield of oilseed rape. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 78: 315-324.
- CETIOM.** 1978. Colza d'hiver. *Cahier Technique*: 30 pp.
- Colnenne, C., J. M. Meynard, R. Reau, E. Justes & A. Merrien.** 1998. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. *Annals of Botany* 81: 311-317.
- Confalone, A., C. D'Alfonso, J. Gonzalez Castelain, & I. Kleiman.** 1993. Estimación del área foliar de colza (*Brassica napus* var. *oleracea*) mediante un método no destructivo. XX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. SC de Bariloche, Argentina. pp.112-113
- Cordeiro, D. S., E. P. Silveira & A. N. Kichel.** 1993. Resposta da *Brassica napus* a doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Pesquisa agropecuaria brasileira*.(28)10: 1137-1142.
- Champolivier, L. & A. Merrien.** 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. *oleifera* on yield, yield components and seed quality. *European Journal of Agronomy* 5: 153-160.
- Hocking, P. J., P. J. Randall & D. DeMarco.** 1997. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on

- yield components. *Field Crops Research* 54: 201-220.
- Kullmann, A., V. B. Ogunlela & G. Geisler.** 1990. Seed characters in oilseed rape (*Brassica napus*) in relation to nitrogen nutrition. *Plant nutrition-physiology and applications*: 569-575.
- Leterme, Ph.** 1988. Croissance et développement du colza d'hiver: Les principales étapes. En *Physiologie et élaboration du rendement du colza d'hiver*. Centre Technique Interprofessionnel des Oleagineux Metropolitains (CETIOM). pp. 23-33
- Murphy, G. M. & N. C. Pascale.** 1989. Agroclimatología de la colza de primavera (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* (Metz) Sinsk F. *annua*) y su posible difusión en la Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 10(3): 159-176.
- Newbould, P.** 1989. The use of nitrogen fertilizer in agriculture. Where do we go practically an ecologically? *Ecology of Arable Land* (eds M. Clarholm & L. Bergström) Kluwer, Dordrecht. pp. 281-295.
- Perez Torres, E. B. & M. Diaz de la Guardia.** 1982. Análisis del crecimiento y desarrollo de colza. *Comunicaciones INIA, Serie Producción Vegetal*. N° 44,37 pp.
- Sarandón, S. J., A. Chamorro, R. Bezus & M. C. Gianibelli.** 1993. Respuesta de la colza (*Brassica napus* L var. *oleifera*) a la fertilización nitrogenada. Efecto sobre la producción de biomasa, rendimiento de semilla y sus componentes. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 69 (1): 63-67
- Sarandón, S. J., A. M. Chamorro, L. N. Tamagno & R. Bezus.** 1996a. Respuesta de la colza-canola (*Brassica napus* L. sp *oleifera* forma *annua*) a la fertilización con N a la siembra. Efecto sobre la acumulación y partición de la materia seca, el rendimiento y sus componentes. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 101 (2): 179-186.
- Sarandón, S. J., A. M. Chamorro, L. N. Tamagno & R. Bezus.** 1996b. Acumulación y partición del N en colza (*Brassica napus* L. spp *oleifera*): efecto de la fertilización nitrogenada. XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, Mendoza, Argentina. pp. 416-418
- Tayo, T. O. & D. G. Morgan.** 1975 Quantitative analysis of growth, development and distribution of flowers and pods in oil seed rape (*Brassica napus* L.) *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 85: 103-110.
- Triboi-Blondel, A. M.** 1988a . Azote, croissance, rendement et qualité de la graine chez le colza d'hiver. En *Physiologie et élaboration du rendement du colza d'hiver*. Centre Technique Interprofessionnel des Oleagineux Metropolitains (CETIOM). pp. 134-139
- Triboi-Blondel, A. M.** 1988b. Les variations de l'indice foliaire chez le colza d'hiver: impacts sur le rendement. En *Physiologie et élaboration du rendement du colza d'hiver*. Centre Technique Interprofessionnel des Oleagineux Metropolitains (CETIOM). pp. 106-110.