

Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 105 (2), 2004

ISSN 0041-8676, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina.

Producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*)

A. M. CHAMORRO & N. TAMAGNO

Curso Cultivos Industriales, Departamento de Producción Vegetal,
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC31, 1900, La Plata, Argentina
E-mail: chamorro@ceres.agro.unlp.edu.ar

CHAMORRO, A. M. & N. TAMAGNO. 2004. Producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*). *Rev. Fac. Agron.* 105 (2): 53-62.

Se evaluó el crecimiento aéreo y radical de colza (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*) con y sin la aplicación combinada de nitrógeno y fósforo. En 1994 se probaron los cultivares Iciola 41 y Global, de diferentes ciclo e índice de cosecha, y en 1995 sólo, Global. Se cosechó material vegetal aéreo y se extrajeron raíces en diferentes estados fenológicos. En 1994, el año más húmedo, la fertilización incrementó significativamente el crecimiento aéreo, pero no el radical, aumentando la relación materia seca aérea: materia seca radical. En 1995 la fertilización no afectó el crecimiento aéreo del cultivo. La acumulación de materia seca en raíces fue menor que en 1994 (142 g.m^{-2} vs. 63 g.m^{-2} , en floración) y tendió a incrementarse la concentración (60% vs. 68%, a fin de estado de roseta) y en el estrato superficial (82% vs. 89%, en floración). La relación materia seca aérea:materia seca radical fue más alta, 2,8 en 1994 y 11,8 en 1995, debido al mayor efecto depresivo del estrés hídrico sobre el crecimiento radical que sobre el aéreo. El crecimiento inicial fue lento, alcanzando la mayor tasa de acumulación de materia seca aérea ($19 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) y radical ($2,9 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$), en floración. Posteriormente, el crecimiento aéreo disminuyó drásticamente ($0,8 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$), mientras que el radical se redujo muy poco ($1,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$). La materia seca acumulada en raíces resultó muy alta y concentrada en el estrato superficial del suelo. El patrón de crecimiento radical de los cultivares fue diferente considerándose importante profundizar en su estudio.

Palabras clave: cultivar, fertilización, relación materia seca aérea: materia seca radical.

CHAMORRO, A. M. & N. TAMAGNO. 2004. Shoot and root dry matter production by spring oilseed rape (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* forma *annua*). *Rev. Fac. Agron.* 105 (2): 53-62.

Shoot and root growth patterns of spring oilseed rape (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*) under two fertilization levels were evaluated. Experiments were carried out in 1994 and 1995 growing seasons under field conditions. In 1994 two cultivars (a variety and a hybrid) were tested which differ in harvest index and duration of cycle. In 1995 only the variety was evaluated. In both years, shoots and roots samples were extracted at different development stages and dry matter production was evaluated. Rainfall distribution differed between years. In 1994, the wetter year, fertilization significantly increased shoot growth, but did not affect root growth increasing shoot:root ratio significantly. In the drier year (1995), crop showed lower root dry matter production (142 g.m^{-2} vs. 63 g.m^{-2} , at flowering), more concentrated in the row crop (60% vs. 68%, at the beginning of stem elongation) and the upper layer of soil (82% vs. 89%, at flowering). Moreover, shoot:root ratio was higher (2,8 vs. 11,8 at flowering) due to the greater effect of water stress on root than shoot growth. Crop growth was very slow during the early stages of crop cycle and substantially increased after the beginning of stem elongation. The highest shoots ($19 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) and roots ($2,9 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) growth rate was registered during flowering. Afterwards, shoot growth decreased strongly ($0,8 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) but root growth decreased lightly or remain constant ($1,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$). Root dry matter distribution along the soil profile showed the highest values in the top layer of soil. The different root growth patterns observed between cultivars determine the importance of continue its study.

Key words: cultivar, fertilization, shoot/root ratio.

Recibido: 3/6/2003. Aceptado: 4/5/2004.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento acerca del crecimiento y desarrollo de los cultivos permite tomar decisiones adecuadas de manejo. La producción de materia seca y el rendimiento dependen fuertemente de la captación de recursos: luz, agua y nutrientes. Las posibilidades de absorber agua y nutrientes están condicionadas por la exploración del suelo por las raíces.

A pesar de la importancia que tiene el conocimiento de la morfología y el funcionamiento de las raíces, esta información en los distintos cultivos es relativamente escasa debido, sobre todo, a dificultades metodológicas.

En colza, la mayor parte de la información disponible relacionada con el crecimiento de raíces ha sido llevada a cabo con cultivares invernales, debido a la importancia que tiene el sistema radical para el reinicio del crecimiento del cultivo a la salida del invierno (Leterme, 1988). Kjellström & Kirchmann (1994) describieron la producción de materia seca en colza con especial referencia al sistema radical. Otros autores relacionaron el crecimiento de las raíces con diferentes factores, como la dinámica de absorción de nutrientes (Barraclough, 1989), la disponibilidad hídrica (Potter *et al.*, 1988) y el genotipo (Thurling, 1974).

En nuestro país, la acumulación de materia seca en raíces de colza ha sido poco estudiada (Chamorro *et al.*, 1995). La información extranjera no es directamente aplicable debido a que, los cultivares difundidos aquí son primaverales y también a la incidencia que el cultivar (Allen & Morgan, 1975; Siddique *et al.*, 1990), la temperatura (Kjellström & Kirchmann, 1994), la disponibilidad de agua (Kjellström & Kirchmann, 1994; Blum, 1996; Asseng *et al.*, 1998) y el tipo de suelo tienen sobre el crecimiento radical (Unger & Kaspar, 1994).

La colza es un cultivo con altos requerimientos de nitrógeno (Grant & Bailey, 1993), por lo que, generalmente, se asocia a la práctica de la fertilización. Las modificaciones que esa práctica pudiera producir en el sistema

radical afectarían la eficiencia con que se absorban los nutrientes.

Si bien Chamorro *et al.* (1995) no registraron cambios en el sistema radical de colza asociados a la fertilización, sí se han encontrado en otros cultivos. Golik & Chidichimo (2002) encontraron en trigo (*Triticum aestivum* L.) diferencias en el peso y la distribución de raíces cuando se fertilizó con nitrógeno a la siembra. En cebada cervecera (*Hordeum distichum*), la deficiencia de nitrógeno determinó cambios en distribución vertical de las raíces (Prystupa *et al.*, 2002). En maíz (*Zea mays*), se encontró que la diferente estratificación de nutrientes producida por distintos sistemas de labranza (Holanda *et al.*, 1998) o por la ubicación del abono (Schröder *et al.*, 1997) produjo modificaciones en la distribución y densidad de longitud de las raíces. También se ha observado que la fertilización con nitrógeno produjo incrementos en la relación materia seca aérea : materia seca radical (MSA:MSR) en colza de invierno (Barraclough, 1989), en trigo (Beldford *et al.*, 1987) y en cebada (*Hordeum vulgare*, Welbank *et al.*, 1974).

El objetivo de este trabajo fue describir y cuantificar la producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral en la provincia de Buenos Aires, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujeron dos ensayos a campo, durante los años 1994 y 1995, en la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina (34° 52' S, 57° 58' W).

En 1994 los tratamientos fueron la combinación factorial de dos niveles de fertilización nitrogenada y fosforada (testigo y fertilizado) y dos cultivares: Global, variedad de ciclo medio (106 días a floración) e Iciola 41, híbrido de ciclo corto (92 días a floración), los que, además difieren en el índice de cosecha.

La fertilización consistió en 27 kg.ha⁻¹ de

nitrógeno y 30 kg.ha⁻¹ de fósforo aplicados a la siembra como fosfato diamónico más 50 kg.ha⁻¹ de nitrógeno aplicados al final del estado de roseta (C2, según CETIOM, 1988) en forma de urea. El diseño experimental fue en bloques al azar con 4 repeticiones.

La siembra se realizó el 6 de junio con una sembradora experimental de conos en parcelas de 7 surcos de 5,5 m distanciados a 0,20 m y con una densidad de 200 plantas m⁻². Al momento de la siembra el suelo (argiudol típico), tenía un contenido de 41 g.kg⁻¹ de materia orgánica, 2,1 g.kg⁻¹ de nitrógeno total, 3,5 mg.kg⁻¹ de fósforo disponible (Bray-Kurtz I) y pH 5,6.

En los estados C2 (fin de estado de roseta – inicio de elongación del tallo, 16 de agosto) y F1 (primeras flores abiertas, 6 de septiembre para Iciola 41 y 20 de septiembre para Global) se realizaron muestreos de materia seca aérea (MSA) y radical (MSR). Para la evaluación de la MSA se extrajo una muestra por parcela, al azar, abarcando una superficie de 0,3 m², se secó en estufa a 60°C, pesándose a las 48 hs. La extracción de raíces se realizó en el mismo sector con un barreno de 9,3 cm de diámetro, tomando muestras en el surco y en el entresurco, en 2 estratos, una muestra en 0-9 cm de profundidad (a) y otra en 9-16 cm de profundidad (b). En F1 se extrajo además una muestra en un tercer estrato 16-25 cm de profundidad (c). Las muestras se guardaron en frío (-18°C) y luego se procesaron en laboratorio mediante lavados sucesivos, filtrado con malla de 1mm y separación manual de restos vegetales, hasta obtener la muestra de raíces limpias. Se secaron en estufa a 60°C y se pesaron.

La cosecha final se realizó el 2 de noviembre para Iciola 41 y el 22 de noviembre para Global, evaluando rendimiento e índice de cosecha (calculado como rendimiento / MSA).

En 1995 se sembró un solo cultivar (Global) Con el fin de discriminar los efectos del nitrógeno y el fósforo, los tratamientos fueron la combinación factorial de dos niveles de fer-

tilización con nitrógeno (0 y 90 kg.ha⁻¹ de nitrógeno) y dos niveles de fertilización con fósforo (0 y 43 kg.ha⁻¹ de fósforo) empleándose el mismo diseño experimental que en 1994. Las dosis de nitrógeno y fósforo se elevaron con respecto al año anterior, independientemente de los datos analíticos del suelo, a fin de observar respuesta a la fertilización en dosis mayores para ambos nutrientes. Para la fertilización nitrogenada se usó urea y para la fertilización fosforada, superfosfato triple de calcio. Se sembró en un argiudol típico, cuyos datos analíticos fueron: 42,5 g.kg⁻¹ de materia orgánica, 2,4 g.kg⁻¹ de nitrógeno total, 19 mg.kg⁻¹ de fósforo disponible (Bray-Kurtz I) y pH 5,6.

Se sembró el 24 de mayo y las extracciones de raíces y MSA se efectuaron en los siguientes estados: C2 (9 de agosto), F1 (19 de septiembre), G3 (silicuas de más de 4 cm, 18 de octubre) y G5 (granos coloreados, cosecha, 24 de noviembre).

Los muestreos de raíces y materia seca aérea, así como su procesamiento, se realizaron de igual forma que en 1994. La extrac-

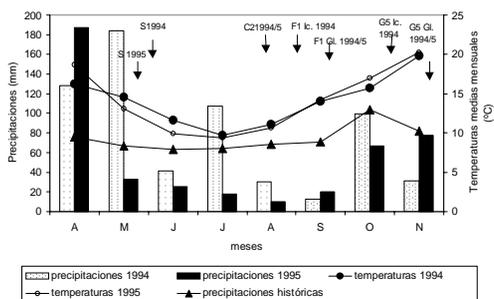


Figura 1. Condiciones meteorológicas durante los períodos de ensayos e históricas, años 1994 y 1995. **Referencias:** S: siembra, C2: fin de estado de roseta – inicio de elongación del tallo, F1: inicio de floración, G5: madurez, lc. Iciola 41, Gl: Global.

Meteorological conditions during field trials, years 1994 and 1995. Referencias: S: sowing, C2: beginning of stem elongation, F1: beginning of flowering, G5: ripening, lc. Iciola 41, Gl: Global.

ción de raíces se realizó a las siguientes profundidades: 0-10 cm (a) y 10-19 cm (b). La presencia de un horizonte B textural, así como las situaciones de deficiencias hídricas registradas durante este año, no permitieron la extracción de raíces a profundidades mayores.

Se calcularon las tasas de crecimiento aérea y radical del cultivo, para los distintos periodos como la relación entre la diferencia de acumulación de materia seca (g.m^{-2}) y la longitud en días del periodo considerado.

Las precipitaciones mensuales y las temperaturas medias mensuales registradas en ambos años, así como las precipitaciones mensuales medias históricas (periodo 1961-1980) aparecen detalladas en la Figura 1.

Los datos se procesaron a través de un análisis de la varianza por métodos paramétricos y se utilizó el test de Tukey ($p < 0,05$) de probabilidad para la comparación de las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de las condiciones de crecimiento en ambos años (cultivar Global)

Las condiciones para el crecimiento del cultivo fueron diferentes en 1994 y 1995. Esto determinó que, tanto los rendimientos, como

la materia seca aérea del cultivar Global (único sembrado los dos años), fueran mayores en 1995 que en 1994 y que la respuesta a la fertilización sólo fuese significativa en 1994 (Tabla 1).

Las principales diferencias entre ambos años estuvieron basadas en las características de los lotes utilizados y en las condiciones hidrológicas.

Los lotes tuvieron un uso previo diferente: el empleado en 1994 provenía de una rotación agrícola de varios años, el de 1995 había sido incorporado recientemente (2 años antes) a la producción agrícola proveniente de un campo natural. A pesar de esto, los datos analíticos del suelo fueron muy similares, excepto por el contenido de fósforo disponible, que fue extremadamente bajo en 1994. Esto podría explicar la baja acumulación de materia seca aérea del tratamiento testigo y la respuesta a la fertilización combinada en 1994. No obstante, la acumulación de materia seca a fin del estado de roseta fue muy superior en 1995 (147 g.m^{-2}) que en 1994 (83 g.m^{-2}), no existiendo diferencias entre tratamientos de fertilización, lo cual condicionaría un mayor rendimiento potencial. Dado que las precipitaciones fueron más favorables para el cultivo en 1994 y que las condiciones térmicas y lumínicas no se diferenciaron entre años, es

Tabla 1. Acumulación de materia seca aérea (MSA) y rendimiento en colza, cultivar Global.

Yield and shoot dry matter (MSA) produced by oilseed rape, Global cultivar.

	1994		1995	
	MSA g.m^{-2}	Rendimiento g.m^{-2}	MSA g.m^{-2}	Rendimiento g.m^{-2}
Testigo	568 b	130 b	951 a	180 a
Fertilizado (N y P)	842 a	199 a	1054 a	237 a
CV%	15	23	8	19

Dentro de cada columna, los valores seguidos por distinta letra difieren entre sí según el test de Tukey al nivel de $p < 0,05$.

Within each column, values following by the same letter are not significantly different from one another according to Tukey test ($p > 0,05$).

posible que otras condiciones del suelo no evaluadas hayan sido más favorables en el lote empleado en 1995 y responsables del mayor crecimiento del cultivo.

Durante el año 1994 las condiciones pluviométricas fueron más favorables a excepción del mes de septiembre. En 1995 el cultivo se inició con una buena dotación de agua acumulada en el perfil del suelo, pero las precipitaciones en los meses siguientes fueron escasas. Esta situación no habría limitado sustancialmente la acumulación de materia seca durante la etapa de roseta. En los meses de agosto y septiembre, con el incremento de la demanda de agua debido a la mayor tasa de crecimiento del cultivo asociada a la elongación del tallo y floración (período crítico para estrés hídrico) se habrían producido situaciones de estrés. Esto se evidenció por la observación, en F1, de un tipo especial de raíces, cortas, tuberizadas y sin presencia de pelos absorbentes, que coincidirían con las descritas por Potfer *et al.* (1988) como "raíces de sequía". Esta situación habría limitado

la respuesta a la fertilización. Sin embargo, a pesar de estas condiciones adversas, es posible que la buena implantación observada junto con la elevada acumulación de materia seca en el estado C2 (condicionante de un elevado rendimiento potencial) y la mejoría de las condiciones hidrológicas hacia el final del ciclo (llenado de los granos), le hayan permitido alcanzar rendimientos promedio cercanos a los 2000 kg.ha⁻¹, superiores a los de 1994.

En 1994, la materia seca acumulada en raíces fue comparativamente muy alta con respecto a la de 1995 lo que resultó en valores muy diferentes de relación MSA:MSR según el año: inferiores a 3 en 1994, y mayores a 6 en 1995. Además, este último año se observó que las raíces, a fin del estado de roseta, tendieron a concentrarse más en el surco y, a principios de floración tendieron a concentrarse en el estrato superficial (Tablas 3 y 5). Es probable que tanto la menor acumulación de materia seca en raíces como su tendencia a una menor expansión se relacionen con los bajos registros pluviométricos de ese año.

Tabla 2. Acumulación de materia seca aérea (MSA) en distintos estados fenológicos, rendimiento e índice de cosecha en colza, cultivares Global e Iciola 41. Año 1994.

Oilseed rape shoot dry matter production (MSA) at several development stages, yield and harvest index. Global and Iciola 41 cultivars., year 1994.

Estado	MSA				IC
	C2	F1	G5	Rendimiento	
Cultivar	g.m ⁻²	g.m ⁻²	g.m ⁻²	g.m ⁻²	
Global	82,8 a	312,6 a	705 a	164 a	0,23 b
	DDE: 71	DDE: 106	DDE: 170		
Iciola 41	89,3 a	253,2 a	534 b	157 a	0,30 a
	DDE: 71	DDE: 92	DE: 148		
CV%	17	10	13	19	15

Dentro de cada columna, los valores seguidos por distinta letra difieren entre sí según el test de Tukey al nivel de p<0,05. **Referencias:** C2: inicio de elongación del tallo, F1: inicio de floración, G5: madurez, DDE: días desde la emergencia.

Within each column, values following by the same letter are not significantly different from one another according to Tukey test (pP>0.05). **References:** C2: beginning of stem elongation, F1: beginning of flowering, G5: ripening, DDE: days after emergence.

Blum (1996) indicó que la respuesta más frecuente de los cultivos ante condiciones de sequía es el aumento de la relación MSA:MSR resultante de una mayor disminución del crecimiento radical con respecto al aéreo y Kjellström & Kirchmann (1994) confirman esto en colza. Además, Asseng *et al.* (1998) citaron en trigo la importancia del momento en que se produce la sequía, señalando que su impacto es más severo y permanente cuando ocurre en etapas avanzadas del ciclo del cultivo. Las condiciones de deficiencias hídricas, que se habrían presentado en elongación y floración, explicarían el reducido crecimiento radical en 1995.

Si bien la disponibilidad de fósforo, nutriente que suele relacionarse con el crecimiento radical, fue mayor en 1995, esto no se tradujo en una mayor acumulación de materia seca en raíces, posiblemente por las mencionadas condiciones de deficiencia hídrica.

Descripción del crecimiento de los cultivares (año 1994)

En el año 1994, Iciola 41 tuvo un ciclo total 20 días más corto que Global, siendo la duración de la etapa de elongación la determinante de esa diferencia. Con relación a la acumulación de materia seca aérea, se diferenciaron significativamente en el momento de cosecha, registrando Global una acumulación un 32% mayor que Iciola 41 (Tabla 2). Sin embargo, la partición de la materia seca a la semilla fue diferente: Iciola 41 fue más eficiente que Global y, como consecuencia, los rendimientos fueron similares. En los estados previos (C2 y F1) estas diferencias de acumulación de materia seca aérea no se registraron.

Si bien al final del estado de roseta la materia seca acumulada en raíces fue similar para ambos cultivares, al inicio de floración, Global acumuló más materia seca radical, llegando casi a duplicar los valores alcanzados

Tabla 3. Acumulación de materia seca radical (MSR), relación materia seca aérea : materia seca radical (MSA:MSR) y características de las raíces (% de MSR en el surco y % en los distintos estratos) en colza (cultivares Global e Iciola 41) en inicio de elongación del tallo (estado C2) e inicio de floración (estado F1). Año 1994.

Oilseed rape root dry matter production (MSR), shoot : root ratio and some roots traits (% MSR in the row crop and % MSR in the different layers), Global and Iciola 41 cultivars at the beginning of stem elongation (C2 stage) and the beginning of flowering (F1 stage). Year 1994.

		Global	Iciola 41	CV%
C2	MSR (g.m ⁻²)	42,30 a	49,60 a	25
	Relación MSA:MSR	2,10 a	1,90 a	34
	% MSR en el surco	60,00 b	76,00 a	14
	% MSR en estrato a	77,00 a	79,00 a	9
	% MSR en estrato b	23,00 a	21,00 a	30
F1	MSR (g.m ⁻²)	141,90 a	84,20 b	34
	Relación MSA:MSR	2,49 a	3,04 a	31
	% MSR en el surco	83,00 a	83,00 a	8
	% MSR en estrato a	82,00 a	82,00 a	12
	% MSR en estrato b	12,00 a	13,00 a	63
	% MSR en estrato c	6,00 a	5,00 a	48

En cada fila, los valores seguidos por distinta letra difieren entre sí según el test de Tukey al nivel de $p < 0,05$.

In each row, values following by the same letter are not significantly different from one another according to Tukey test ($p < 0.05$)

por Iciola 41 (Tabla 3). Este mayor registro de Global se verificó en los 3 estratos por lo que la distribución de las raíces en el perfil no difirió entre cultivares.

La relación MSA:MSR se incrementó levemente desde C2 hasta F1, de 2 a 2,5-3, indicando una partición preferencial de la materia seca hacia la parte aérea de la planta durante la etapa de elongación (Tabla 3).

Allen & Morgan (1975) encontraron que un cultivar de colza con menor índice de cosecha presentó una mayor acumulación de materia seca radical, y una menor relación MSA:MSR desde etapas tempranas del crecimiento hasta plena floración. En F1 los datos de Global e Iciola 41 registraron la misma tendencia, lo que confirmaría que una menor inversión de fotoasimilados en el sistema radical asociado a un período vegetativo más corto, determinarían una mayor eficiencia en la producción de grano (Siddique *et al.*, 1990).

Allen & Morgan (1975) registraron valores de relación MSA:MSR sensiblemente más altos que los del presente ensayo (entre 15 y 6). Distintas metodologías de muestreo y evaluación de las raíces podrían explicar parte de tales diferencias. También podrían deberse al tipo de cultivares empleados, ya que, además de ser invernales, sus características de cre-

cimiento y desarrollo indican que se trataría de *Brassica campestris*, que se caracteriza por una relación MSA:MSR mayor que *Brassica napus* (Thurling, 1974)

La concentración de las raíces en el surco al final del estado de roseta fue mayor para Iciola 41 que para Global indicando una exploración del entresurco más temprana por parte de esta última. A inicios de floración, ambos cultivares tenían el 83% del peso seco de raíces en el surco (Tabla 3).

Efecto de la fertilización

En 1994 ambos cultivares registraron el mismo comportamiento frente a la fertilización (interacción cultivar x nivel fertilización no significativa). La fertilización produjo un aumento tanto en la acumulación de materia seca aérea (58%) como en el rendimiento (53%), sin afectar el índice de cosecha (Tabla 4). El incremento de la materia seca se registró desde etapas tempranas, un 62% por sobre el testigo a fin de estado de roseta y un 71% a inicios de floración. Sin embargo, ni la acumulación de materia seca en raíces (Tabla 4) ni su distribución en el perfil (datos no mostrados) fueron afectadas por la fertilización. Esto determinó que, en F1, la relación MSA:MSR de las parcelas fertilizadas fuese de 3,4 notoria-

Tabla 4. Acumulación de materia seca aérea (MSA) y radical (MSR), rendimiento e índice de cosecha de los cultivares de colza Global e Iciola 41. Año 1994.

Oilseed rape shoot (MSA) and root (MSR) dry matter production, yield and harvest index, Global and Iciola 41 cultivars. Year 1994.

	C2		F1		G5		
	MSA g.m ⁻²	MSR g.m ⁻²	MSA g.m ⁻²	MSR g.m ⁻²	MSA g.m ⁻²	Rendimiento g.m ⁻²	IC
Testigo	65,7 b	43,7 a	208,7 b	110,6 a	127 b	480 b	0,27 a
Fertilizado	106,4 a	48,2 a	357,1 a	115,5 a	194 a	758 a	0,26 a
CV%	30	25	20	34	15	23	13

Dentro de cada columna, los valores seguidos por distinta letra difieren entre sí según el test de Tukey al nivel de p<0,05. Within each column, values following by the same letter are not significantly different from one another according to Tukey test (p<0.05).

mente mayor que en los testigos (2,1) lo que concuerda con lo encontrado por Barraclough (1989) en colza, Beldford *et al.* (1987) en trigo, y Welbank *et al.* (1974) en cebada. Sin embargo, a diferencia de los resultados presentes, estos autores encontraron incrementos de la materia seca acumulada en raíces en términos absolutos.

En 1995, la fertilización no afectó la acumulación de materia seca aérea ni radical del cultivar Global en ninguno de los estados evaluados ni se registró interacción nitrógeno x fósforo. Tampoco modificó la distribución de las raíces, la partición de la materia seca ni el rendimiento. Como ya se mencionó, esto pudo estar relacionado con la historia del lote y los registros pluviométricos del año.

Descripción del crecimiento del cultivar Global (año 1995)

En 1995, durante las etapas iniciales del cultivo y hasta el fin del estado de roseta (77 días desde la emergencia), la ganancia de materia seca del cultivar Global, tanto en la parte aérea de la planta como en la radical, fue muy baja (Figura 2). Las tasas de acumulación de materia seca, tanto aérea como radical, durante esta etapa no se diferenciaron entre tratamientos y fueron del orden de 2,1 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ para la parte aérea y 0,40 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ para las raíces. En C2 la materia seca total se particionó un 85% a la parte aérea y un 15% a las raíces. A partir de allí se inició la elongación del tallo y desarrollo del área foliar: la materia seca aérea se acumuló a razón de 10 a 13 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ durante la elongación y de 17 a 21 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ durante la floración. En estas etapas, las raíces también incrementaron la acumulación de materia seca pero lo hicieron a tasas mucho más bajas (0,85 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ y 2,90 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ en elongación y floración respectivamente). La etapa en la cual se alcanzó la mayor tasa de crecimiento tanto aéreo como radical fue la floración, a diferencia de lo encontrado por Kjellström & Kirchmann (1994) quienes observaron la mayor tasa de creci-

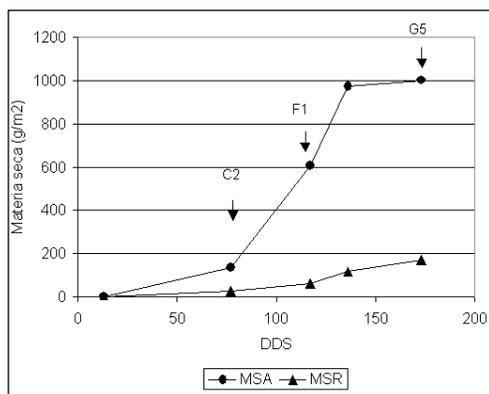


Figura 2. Acumulación de materia seca aérea (MSA) y radical (MSR) por el cultivo de colza cultivar Global, año 1995. **Referencias:** DDS: días desde la siembra, C2: fin de estado de roseta – inicio de elongación del tallo, F1: inicio de floración, G5: madurez.

Oilseed rape shoot (MSA) and root dry matter accumulation (MSR), Global cultivar, 1995. **References:** DDS: days after sowing, C2: beginning of stem elongation, F1: beginning of flowering, G5: ripening .

miento aéreo en floración y radical en elongación del tallo.

La partición de la materia seca hacia las raíces fue disminuyendo progresivamente hasta el final de floración. A partir de este momento se observó una disminución muy drástica en el crecimiento aéreo (0,8 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y menos marcada en el crecimiento radical (1,5 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$). A diferencia de la acumulación de materia seca aérea, que presentó grandes cambios en su tasa a lo largo del ciclo, el crecimiento de las raíces se mantuvo a un ritmo mucho menor y menos variable.

De esta manera, las distintas tasas de crecimiento fueron modificando, a través del ciclo, la relación MSA:MSR la que inicialmente fue baja, alcanzó su máximo en floración, y decayó progresivamente hacia la cosecha (Tabla 5). Esto coincide con lo observado por Kjellström & Kirchmann (1994) en colza en años secos.

El máximo peso seco de raíces registra-

Tabla 5. Acumulación de materia seca radical (MSR), relación materia seca aérea: materia seca radical (MSA:MSR) y características de las raíces (% de MSR en el surco y % en el estrato a) del cultivar Global en distintos estados fenológicos. C.V coeficiente de variabilidad. Año 1995.

Oilseed rape root dry matter production (MSR), shoot : root ratio (shoot : root) and root traits (% of MSR in the row and % in the a layer), cultivar Global at different development stages. V.C: variability coeficient, 1995.

	C2 77 DDE	F1 117 DDE	G3 136 DDE	G5 173 DDE
MSR (g.m ⁻²)	26	63	117	184
CV%	52	25	36	26
Relación MSA:MSR	6	11	9	5
CV%	37	42	43	29
% MSR en el surco	68	82	86	93
CV%	18	13	10	4
% MSR en a	0,79	0,89	0,88	0,94
CV%	10	6	8	5

do fue de 185 g.m⁻² (Tabla 5), comparativamente muy alto con respecto a los registrados por Kjellström & Kirchmann (1994) en profundidades mayores (1 m). Esto podría relacionarse con el distinto desarrollo del cultivo en los dos ambientes. En el presente ensayo se observó una mayor duración de las etapas de roseta y elongación del tallo, caracterizada esta última por el activo crecimiento radical. Barraclough (1989) encontró similares valores de materia seca de raíces pero en una profundidad de 1,80 m. Tanto Kjellström & Kirchmann (1994) como Barraclough (1989) encontraron una concentración en el estrato superficial menos marcada.

CONCLUSIONES

Los cultivares de colza aquí evaluados, y para las condiciones de estudio, se caracterizan por una alta acumulación de materia seca radical y una gran concentración de raíces en el estrato de 0-9 cm de profundidad.

La observación de diferentes patrones de crecimiento radical entre cultivares determina

la importancia de profundizar en su estudio.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por la Universidad Nacional de La Plata.

Una versión preliminar con datos parciales de este artículo fue publicada en el I Congreso Nacional de Soja y II Reunión Nacional de Oleaginosos, Pergamino, 1995.

A Viviana G. Petruccelli, Rodolfo D. Signorio, Rodolfo Bezus, Antonio Iacovelli y Elina Buffa por su colaboración en el muestreo y evaluación de raíces.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, E. J. & D. G. Morgan.** 1975. A quantitative comparison of the growth, development and yield of different varieties of oilseed rape. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 85: 159-174.
- Asseng, S., J. T. Ritchie, A. J. M. Smucker & M. J. Robertson.** 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. *Plant and Soil* 201: 265-273.

- Barraclough, P. B.** 1989. Root growth, macro-nutrient uptake dynamics and soil fertility requirements of a high-yielding winter oilseed rape crop. *Plant and Soil* 119: 59-70.
- Beldford, R. K., B. Klepper & R. W. Rickman.** 1987. Studies of intact shoot-root systems of field-grown winter wheat. II. Root and shoot developmental patterns as related to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 79: 310-319.
- Blum, A.** 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20: 135-148.
- CETIOM.** 1988. Colza d'hiver. Cahier Technique, París. Francia. 30 pp.
- Chamorro, A. M., L. N. Tamagno, V. G. Petrucelli, R. Bezus & S. J. Sarandón.** 1995. Crecimiento de raíces en dos cultivares de colza (*Brassica napus* L. ssp *oleifera*) bajo dos niveles de fertilidad. Actas del Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos. Pergamino, Provincia de Buenos Aires, Argentina, Tomo II, 6, pp. 75-82.
- Golik, S. I. & H. O. Chidichimo.** 2002. Producción y distribución radical bajo dos sistemas de labranza y nutrición nitrogenada en trigo. [CD-ROM computer file] XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Puerto Madryn, Argentina .
- Grant, C. A. & L. D. Bailey.** 1993. Fertility management in production. *Canadian Journal of Plant Science*: 73: 651-670.
- Holanda, F. S. R., D. B. Mengel, M. B. Paula, J. G. Carvahó & J. C. Bertoni.** 1998. Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 29 : 2383-2394.
- Kjellström, C. G. & H. Kirchmann.** 1994. Dry matter production of oilseed rape (*Brassica napus*) with special reference to the root system. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*: 123: 327-332.
- Leterme, P.** 1988. Croissance et développement du colza d'hiver: les principales étapes. En: *Physiologie et élaboration du rendement du colza d'hiver*. Ed. Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains (CETIOM), París. pp. 23-33.
- Potfer, J. P., A. Merrien & N. Vartanian.** 1988. Etude in situ du système racinaire du colza de printemps en condition de sécheresse. En: *Physiologie et élaboration du rendement du colza d'hiver*. Ed. Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains (CETIOM), París. pp. 47-53.
- Prystupa, P., R. Savin & G. A. Slafer.** 2002. Crecimiento radical de cebada cervecera en respuesta a la fertilización nitrogenada y fosforada. [CD-ROM computer file] XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Puerto Madryn, Argentina.
- Schröder, J. J., L. Ten Holte & G. Brouwer.** 1997. Response of silage maize to placement of cattle slurry. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 249-261.
- Siddique, K. H. M., R. K. Belford & D. Tennant.** 1990. Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a Mediterranean environment. *Plant and Soil* 121: 89-98.
- Thurling, N.** 1974. Morphophysiological determinants of yield in rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*). I Growth and morphological characters. *Australian Journal of Agricultural Research* 25: 697-710.
- Unger, P. W. & T. C. Kaspar.** 1994. Soil compaction and root growth: a review. *Agronomy Journal* 86: 759-766.
- Welbank, P. J., M. J. Gibb, P. J. Taylor & E. D. Williams.** 1974. Root growth of cereal crops. En: Rothamsted Experimental Station, Report for 1973, part 2. pp. 26-66.