

Mezcla de cultivares de colza canola (*Brassica napus* L.): una alternativa para aumentar la diversidad cultivada en sistemas extensivos de clima templado en transición agroecológica en Argentina.

Oilseed rape (*Brassica napus* L.) varietal mixtures: an alternative to increase crop diversity in extensive systems in temperate agro-ecological transition in Argentina.

CHAMORRO; A. M.¹, TAMAGNO; L. N.², SARANDÓN; S. J.³

¹Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Curso Oleaginosas y Cultivos Regionales. chamorro@agro.unlp.edu.ar; ²Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Curso Oleaginosas y Cultivos Regionales. itamagno@agro.unlp.edu.ar; ³Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Curso Agroecología. Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires. sarandon@agro.unlp.edu.ar

RESUMEN: Se evaluaron mezclas de variedades de colza canola como una alternativa para aumentar la biodiversidad cultivada y mejorar el uso de los recursos en sistemas extensivos de clima templado. Se condujeron dos ensayos a campo. En el ensayo 1, se mezclaron dos cultivares, en diferentes proporciones, bajo dos niveles de disponibilidad de nitrógeno. En el ensayo 2, se evaluaron cinco cultivares en diferentes combinaciones. El rendimiento fue mayor en las mezclas que en los monocultivos, indicando un efecto complementario en el uso de recursos, especialmente en condiciones limitantes de nitrógeno, sin fertilizante. El mejor resultado se observó cuando se mezclaron los cultivares Impulse y Nolza 531. Los resultados sugieren que el uso de mezclas de variedades de colza canola, apropiadamente seleccionadas, puede ser una alternativa ecológica para aumentar la diversidad cultivada en sistemas extensivos de clima templado y traducirse en un mejor aprovechamiento de los recursos, lo que resulta importante para sistemas en transición agroecológica.

PALABRAS CLAVE: competencia, policultivo, disponibilidad de N, RYT, diferenciación de nichos.

ABSTRACT: Mixtures of rapeseed canola varieties were evaluated as an alternative in order to increase cultivated biodiversity and improve the use of resources in temperate extensive systems. Two field trials were conducted. In trial 1, two cultivars were mixed in different proportions under two levels of nitrogen availability. In test 2, five cultivars were evaluated in different combinations. Seed yield was higher than expected in mixtures than in monocultures, indicating a complementary effect on resource use, especially in nitrogen-limiting conditions without no fertilizer. The best result was observed when Impulse and Nolza 531 cultivars were mixed. The results indicate that mixtures of varieties of canola rapeseed can be appropriately selected as an ecological alternative to increase crop diversity in temperate extensive systems and result in better utilization of resources, which is important for agro-ecological systems in transition.

KEYWORDS: competition, intercropping, N availability, RYT, niche differentiation.

Introducción

La conservación y el uso sostenible de la biodiversidad son unos de los desafíos más importantes que tiene que afrontar la humanidad en estos tiempos (SARANDÓN, 2009). La agricultura moderna se caracteriza por su uniformidad a nivel genético y específico, a nivel parcela, a nivel de finca y a nivel región, lo que se traduce, también, en una gran uniformidad del paisaje (SARANDÓN, 2002). Un manejo sustentable requiere, entre otras cosas, conservar e incrementar la biodiversidad de los agroecosistemas. Esto incluye tanto la diversidad cultivada como la asociada (espontánea) las que, ensambladas adecuadamente, pueden proveer de importantes servicios ecológicos (ALTIERI, 1999; SWIFT et al., 2004), e incluso traducirse en una mejor productividad ya que se ha demostrado que los sistemas más diversos aprovechan mejor los recursos y tienen mayor producción que los sistemas menos diversos (HECTOR et al., 1999).

Por lo tanto, se deben hacer importantes esfuerzos para lograr una mayor diversificación espacial y temporal de los agroecosistemas. Sin embargo, esto no es sencillo de lograr en sistemas extensivos de clima templado como los que caracterizan a la región pampeana argentina. En esta región, en los últimos años se ha dado un crecimiento de la superficie basada en sistemas de monocultivos (con predominio de la soja transgénica RR), basados en un alto uso de insumos, y energía. Esto ha generado el debilitamiento de los servicios ecológicos que brinda la biodiversidad (SWIFT et al., 2004) favoreciendo el desarrollo de las plagas y exigiendo, aun más, la aplicación de agroquímicos para su control, al eliminar o debilitar los mecanismos naturales de regulación de las mismas. A su vez, este exceso de aplicación de agroquímicos genera resistencia en las poblaciones silvestres de malezas e insectos, lo que, en un círculo vicioso, aumenta la necesidad de nuevas aplicaciones (FLORES e SARANDÓN, 2014).

Sin embargo, existe un interés creciente en algunos agricultores de esta región en avanzar hacia sistemas más sustentables, que dependan menos de insumos, fortaleciendo los procesos ecológicos. Esta transición resulta complicada por la misma característica de los sistemas, de grandes extensiones, con cosecha mecanizada. Una alternativa accesible es incrementar la biodiversidad cultivada a través del uso de cultivos múltiples o policultivos. Estos sistemas pueden basarse en el uso de diferentes especies o de diferentes genotipos de la misma especie: (SARANDÓN e

CHAMORRO, 2003) y presentan varias ventajas respecto a los monocultivos (MALÉZIEUX et al., 2009). En sistemas productivos altamente mecanizados como los de la región pampeana argentina, en los que los principales cultivos son los cereales y oleaginosas, la mezcla de cultivares pareciera adaptarse más fácilmente que la de especies, ya que estas últimas presentan mayores dificultades de manejo.

Además de los conocidos beneficios en el manejo de adversidades bióticas, (MUNDT et al., 1994), la combinación adecuada de genotipos pueden tener también ventajas productivas (SMITHSON e LENNÉ, 1996; SARANDÓN e LABRADOR MORENO, 2002).

Sin embargo, estos beneficios no se logran simplemente mezclando un cultivo con otro. Para poder desarrollar con éxito un sistema de policultivo es fundamental entender los mecanismos ecológicos que pueden provocar su mayor rendimiento. Uno de estos es el principio de producción Competitiva, o Principio de la diferenciación de nichos, que señala que la asociación de cultivos será exitosa cuando los requerimientos de recursos (agua, luz, nutrientes) de sus componentes (sus nichos ecológicos) logren diferenciarse temporal o espacialmente (VANDERMEER, 1989). A pesar de que, en general, se ha considerado a los policultivos como una mezcla de diferentes especies, las diferencias entre genotipos de una misma especie pueden ser suficientes para definir diferentes nichos y permitir un uso diferencial de los recursos como se encontró en trigo (SARANDÓN e SARANDÓN, 1995). Características como la longitud del ciclo, hábitos de crecimiento, altura de plantas, susceptibilidad a enfermedades, a vuelco, rendimiento potencial, capacidad de macollaje y tamaño de grano han sido señaladas en varios artículos de mezclas (THIAW et al., 1993; JACKSON e WENNING, 1997; JEDEL et al., 1998). La proporción relativa de los componentes de la mezcla (SARANDÓN e SARANDÓN, 1995; JACKSON e WENNING, 1997), y las condiciones ambientales como la disponibilidad de nitrógeno (THIAW et al., 1993; SARANDÓN e SARANDÓN, 1995) o la incidencia de enfermedades (THIAW et al., 1993; MUNDT et al., 1994) también pueden afectar la productividad de la mezcla.

A su vez, la ventaja productiva de las mezclas parece ser más evidente en condiciones subóptimas de cultivo (AUFHAMMER et al., 1989; JOKINEN, 1991; THIAW et al., 1993; SARANDÓN e SARANDÓN, 1995), por lo que constituyen una interesante alternativa para sistemas de bajos insumos, como los que se encuentran en transición.

Aunque el comportamiento de las mezclas varietales ha sido bien estudiado en cereales de invierno (SHARMA e PRASAD, 1978; PRASAD e SHARMA, 1980; JOKINEN, 1991; SARANDÓN e SARANDÓN, 1995; SMITHSON e LENNÉ, 1996; JACKSON e WENNING, 1997; JEDEL et al., 1998) existe muy poca información acerca de la mezcla de cultivares en colza canola (*Brassica napus* L.), que, en Argentina, se produce de forma similar al trigo, con un ciclo fenológico y sistema de cultivo parecidos. Se conoce que en colza existen diferentes patrones en el crecimiento radical en cultivares que varían en la longitud del ciclo (CHAMORRO et al., 1998; CHAMORRO e TAMAGNO, 2004). Esto podría determinar diferentes habilidades para absorber y utilizar factores de crecimiento como agua y nutrientes, modificando la captación y utilización de la luz, que conducirían a una diferenciación de nichos ecológicos. Hipótesis: las diferencias morfológicas, fenológicas y fisiológicas existentes entre los cultivares de colza son suficientes para conferirles una diferente habilidad para hacer un uso diferencial de los recursos. Esto se traducirá, por lo tanto, en una ventaja respecto a sus monocultivos. Esta ventaja será mayor cuanto mayor sean las diferencias entre cultivares. Por otra parte, este efecto será mayor en condiciones de menor disponibilidad de recursos, especialmente, sin agregado de nitrógeno.

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes mezclas de variedades de colza canola como una alternativa para aumentar la biodiversidad y mejorar el uso de los recursos en sistemas extensivos de producción.

Materiales y Métodos

Se condujeron ensayos a campo en dos años, en la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La

Plata (Buenos Aires, Argentina). Los suelos, clasificados como Argiudol típico, presentaron los siguientes datos analíticos (0-30 cm) al momento de la siembra: Ensayo 1: nitrógeno total: 0,14% (digestión húmeda, método Microkjeldahl), fósforo extractable: 15 mg kg⁻¹ (Bray-Kurtz 1), materia orgánica: 2,8% y pH: 6,7 (relación suelo:agua: 1:2,5, determinación potenciométrica). En el ensayo 2: nitrógeno total: 0,16%, fósforo extractable: 14 mg kg⁻¹, materia orgánica: 2,8%, pH: 5,6, nitratos: 64 mg kg⁻¹ (método del ácido disulfónico, evaluación colorimétrica).

Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones y parcelas de siete surcos de 8,5 m distanciados 0,20 m (11,9 m²). Los cultivares se combinaron con la idea de que difirieran o genéticamente (de diferentes orígenes genéticos) o en características morfo-fisiológicas o fenológicas (Tabla 1). En el ensayo 1 se usaron dos cultivares de similar ciclo (intermedio), pero de diferente origen genético: Impulse y Nolza 531. Se sembraron a una densidad de 200 plantas m⁻² el 24 de junio, en 5 proporciones: 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0. Con el fin de evaluar el efecto de la disponibilidad de nitrógeno se realizaron dos tratamientos de fertilización: Testigo (sin fertilizante) y con el agregado de 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno, como urea (46-0-0) mitad a la siembra y mitad en el estado C2 (CETIOM, 1988).

En el ensayo 2 se sembraron, el 28 de mayo, cinco cultivares (Impulse, Master, Mistral, Nolza 531 y Zafiro 42) en cultivo puro y en las siguientes combinaciones: Impulse-Nolza 531, Master-Mistral, Master-Nolza 531 y Master-Zafiro 42. Master (un cultivar de ciclo intermedio) se combinó alternativamente con los cultivares de mayor y menor longitud de ciclo (Mistral y Zafiro 42, respectivamente). En las mezclas de cultivares de ciclo intermedio (Impulse, Master y Nolza 531) sólo se combinaron aquellos materiales de

Tabla 1: Principales características de los cultivares utilizados en el diseño de las mezclas varietales de colza canola. (Datos provenientes de ensayos previos conducidos en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Buenos Aires, Argentina).

Cultivar	Impulse	Master	Mistral	Nolza 531	Zafiro 42
Características genéticas	Variedad	Variedad	Asociación varietal	Variedad	Hibrido
Longitud de ciclo	Medio	Medio	Largo	Medio	Corto
Días a floración	107	107	121	107	92
Días a madurez	187	187	201	187	177
Altura de planta (m)	Media	Media	Alta	Media	Baja
	1.08-1.11	1.07-1.20	1.41-1.44	1.08-1.26	0.86-0.95
Índice de cosecha	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto
	0.19-0.20	0.17-0.22	0.20-0.22	0.19-0.21	0.25-0.28

diferentes criaderos a fin de aportar diferentes bases genéticas a la mezcla.

Todas las mezclas se sembraron en una proporción 50:50 a una densidad de 200 plantas m⁻². Se evaluaron también dos patrones de siembra (al azar o en líneas alternadas). En el patrón al azar, las semillas de los dos componentes de la mezcla se mezclaron manualmente antes de la siembra.

En el ensayo 2, las fechas de inicio de floración (F1) para los distintos cultivares fueron las siguientes: Zafiro 42: 29 de agosto; Impulse, Master y Nolza 531: 17 de septiembre, y Mistral: 26 de septiembre. La madurez de cosecha (G5) se registró el 31 de octubre para Zafiro 42 y el 21 de noviembre para el resto de los cultivares. En los estados B4 (cuatro hojas) y C2 en el ensayo 1, y B5 (cinco hojas) y C2 en el ensayo 2, se estimó el porcentaje de suelo cubierto por el cultivo.

En los estados C2, F1 (inicio de floración) y G5 (madurez) se evaluó la producción aérea de biomasa. En las mezclas compuestas por cultivares de diferente ciclo, las muestras se extrajeron en las fechas en que cada uno de los componentes alcanzó el estado fenológico correspondiente.

Para evaluar la producción de biomasa aérea se cortaron las plantas de una superficie de 0,40 m² (0,5 m de cuatro surcos) a nivel del suelo. En las parcelas con mezclas sembradas en líneas alternadas, se separaron las plantas de cada componente. En madurez, las plantas se trillaron manualmente. Las muestras se secaron a 60°C durante 48 h, y pesaron.

En las mezclas sembradas en hileras alternadas se calculó el Rendimiento relativo total (RYT) o LER, de acuerdo a De Witt e Van Den Berg (1965) como la suma del rendimiento relativo de cada componente. El rendimiento relativo de cada componente (Ry) se calculó como la relación entre su rendimiento en la mezcla y su rendimiento cuando se sembró al estado puro. De igual manera se calculó la biomasa relativa en los distintos estados fenológicos.

$$RYT = Ry_{ij} + Ry_{ji}$$

$$Ry_{ij} = \frac{Y_{ij}}{Y_{ii}} \quad \text{y} \quad Ry_{ji} = \frac{Y_{ji}}{Y_{jj}}$$

Donde Ry_{ij} es el rendimiento relativo del cultivar i en la mezcla ij, Y_{ij} es el rendimiento del cultivar i en la mezcla ij, y Y_{ii} es el rendimiento del cultivar i en cultivo puro.

Como la proporción de cada componente en las

mezclas fue de 50%, un valor de Ry mayor a 0,5 significa una mayor producción de este componente en la mezcla que en el cultivo puro. Si el valor del RYT=LER fue mayor que 1, la mezcla rindió más que la misma superficie de cultivo sembrada con los mismos cultivares pero en cultivo puro.

Se calculó la relación real/esperada (R/E) para el rendimiento y la producción de biomasa de las mezclas como la relación entre el rendimiento real obtenido para cada mezcla y el rendimiento de sus componentes sembrados al estado puro afectados por su proporción en la mezcla. Este índice es de interpretación similar al RYT=LER pero no aporta información acerca del comportamiento individual de cada componente de la mezcla como el Ry.

Se calculó también el índice de Relación competitiva (RC) como una medida de la competencia (o habilidad competitiva) de los cultivares de la mezcla, utilizando la siguiente fórmula (WILLEY e RAO, 1980):

$$RC_i = (Ry_{ij}/Ry_{ji}) * (Z_j/Z_i)$$

Donde Z_j es la proporción del cultivar j en la mezcla, y Z_i la proporción del cultivar i. Un buen competidor es un cultivar que alcanza valores de este índice mayores a 1.

Los datos se procesaron por el Análisis de la varianza utilizando Statgraphics Plus for Windows versión 4.0. Las medias se compararon usando el test de Tukey al nivel de P < 0.05.

Resultados y Discusión

Según el principio de producción competitiva (VANDERMEER, 1989), mientras más diferentes sean los requerimientos (nichos ecológicos) de los componentes de una mezcla, mayores serán las posibilidades de obtener una ventaja respecto de los monocultivos. A su vez, se ha destacado también la importancia, no sólo de los componentes, sino también de su correcta proporción en la mezcla (SARANDÓN e SARANDÓN, 1995; JACKSON e WENNING, 1997). En el Ensayo 1 la producción de biomasa y el rendimiento fueron similares en las mezclas y los monocultivos. Tampoco se observaron diferencias en la partición de la materia seca a la semilla (índice de cosecha) (Tabla 2). Esto indica que la combinación de estos cultivares no se tradujo en una mejor captación de recursos en las condiciones del ensayo. Sin embargo, la relación entre la producción real y la esperada (R/E) para rendimiento fue superior en las mezclas en condiciones de limitación relativa de nitrógeno sin fertilizar (1,13) que en las

parcelas fertilizadas con nitrógeno (0,95) (Tabla 3). Esto coincide con la noción que las mezclas pueden tener un comportamiento sitio específico, especialmente relacionado con la disponibilidad de agua o la fertilidad del suelo (JOKINEN, 1991; THIAW et al., 1993; JEDEL et al., 1998). Esto confirma la idea que, en general, las mezclas se comportan mejor en condiciones subóptimas (AUFHAMMER et al., 1989; JOKINEN, 1991; THIAW et al., 1993; SARANDÓN e SARANDÓN, 1995). En estas condiciones la mezcla produjo más semilla que la misma superficie de suelo con ambos cultivares sembrados como cultivo puro, confirmando que es posible con esta asociación un uso más eficiente de los recursos. Además, al cultivar dos genotipos en lugar de uno, esta mayor diversidad se traduce en una mayor estabilidad, lo que constituye un “buffer” contra las adversidades bióticas o climáticas.

El Principio de producción competitiva, (VANDERMEER, 1989) sugiere que el éxito de una mezcla depende de la elección correcta de sus

componentes. En este sentido, las diferencias morfológicas y fenológicas existentes entre los cultivares Mistral, Zafiro 42 y Master, evaluados en el ensayo 2, deberían traducirse en un mejor comportamiento como consecuencia de una teórica diferenciación de nichos. Aunque no se encontraron diferencias, la relación entre el rendimiento real y el esperado (R/E) fue muy superior en una de las mezclas: Impulse-Nolza 531, que en el monocultivo, en rendimiento y producción de biomasa (Tabla 4). La relación R/E fue 1,30, en rendimiento y 1,25 en biomasa, lo cual indica que esta mezcla produjo un 30% y 25% más que lo esperado en grano y biomasa aérea, comparado con los componentes sembrados como cultivo puro. La mezcla Impulse-Nolza 531 fue la más eficiente, con un RYT para rendimiento en semilla de 1,23 (Tabla 5). En esta mezcla, Impulse no modificó su producción respecto de su cultivo puro ($R_y = 0,52$), pero Nolza 531 rindió más de lo esperado ($R_y = 0,71$).

Contrariamente a lo esperado, las mezclas

Tabla 2: Producción de biomasa aérea en madurez, rendimiento en semilla e índice de cosecha en mezcla de cultivares de colza canola Impulse y Nolza 531 en diferentes proporciones bajo dos niveles de fertilización nitrogenada, Buenos Aires, Argentina, 1998.

Tratamientos	Producción de biomasa aérea g.m ⁻²	Rendimiento en semilla g.m ⁻²	Índice de cosecha
Proporción en la mezcla			
100 % Impulse	1069 a	285 a	0.27 a
75% Impulse – 25% Nolza 531	1097 a	283 a	0.26 a
50% Impulse – 50% Nolza 531	988 a	259 a	0.26 a
25% Impulse – 75% Nolza 531	973 a	258 a	0.26 a
100% Nolza 531	911 a	235 a	0.26 a
Nivel de nitrógeno			
0 kg.ha ⁻¹	872 b	238 b	0.27 a
90 kg.ha ⁻¹	1143 a	290 a	0.25 a
Coefficiente de variabilidad %	18.9	25.6	11.8

Dentro de cada columna y factor, valores seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con el test de Tukey (P= 0.05)

Tabla 3: Relación Real / Esperado (R/E) para rendimiento en semilla y producción de biomasa en madurez en mezcla de cultivares de colza canola Impulse y Nolza 531 en diferentes proporciones bajo dos niveles de fertilización nitrogenada, Buenos Aires, Argentina, 1998.

Nivel de nitrógeno	Mezcla	R/E rendimiento	R/E producción de biomasa
0 kg.ha ⁻¹	25% Impulse – 75% Nolza 531	1.11 a	1.04 a
	50% Impulse – 50% Nolza 531	1.12 a	1.00 a
	75% Impulse – 25% Nolza 531	1.17 a	1.01 a
90 kg.ha ⁻¹	25% Impulse – 75% Nolza 531	0.98 a	1.00 a
	50% Impulse – 50% Nolza 531	0.89 a	1.00 a
	75% Impulse – 25% Nolza 531	0.98 a	1.12 a
Coefficiente de variabilidad %		30.2	20.0

Dentro de cada columna, valores seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según el test de Tukey (P= 0.05)

Tabla 4: Relación real / esperado (R/E) para rendimiento en semilla y producción aérea de biomasa en madurez para cuatro mezclas varietales de colza canola en proporción 50:50 (Buenos Aires, Argentina, 2001).

Tratamiento	R/E rendimiento	R/E producción de biomasa
Impulse – Nolza 531	1.30 a	1.25 a
Master – Nolza 531	0.97 ab	0.86 ab
Master – Mistral	0.83 ab	0.81 b
Master – Zafiro 42	0.71 b	0.73 b
Coefficiente de variabilidad %	39.5	34.0

Dentro de cada columna, valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí de acuerdo con el test de Tukey (P= 0.05)

Tabla 5: Rendimiento relativo (Ry) para rendimiento en semilla y producción aérea de biomasa en madurez, índice de Relación competitiva (RC) de cada componente de la mezcla y rendimiento relativo total (RYT) para cuatro mezclas varietales de colza canola, en proporción 50:50 y siembra en líneas alternadas, Buenos Aires, Argentina, 2001.

Tratamiento	Ry para rendimiento	Ry para producción de biomasa	Índice de RC
Master	0.43	0.39	1.10
Zafiro 42	0.29	0.35	0.91
Master – Zafiro 42 (RYT)	0.72	0.74	
Master	0.46	0.42	0.98
Nolza 531	0.44	0.44	1.23
Master – Nolza 531 (RYT)	0.90	0.86	
Impulse	0.52	0.50	0.77
Nolza 531	0.71	0.63	1.36
Impulse – Nolza 531 (RYT)	1.23	1.13	
Master	0.32	0.29	0.59
Mistral	0.45	0.50	1.72
Master – Mistral (RYT)	0.77	0.79	

compuestas por cultivares de diferentes longitudes de ciclo registraron bajos valores de RYT (0,72 y 0,77), lo que confirma la necesidad de comprender mejor los mecanismos que posibilitan el éxito de las mezclas. Diferencias de ciclo, que, a priori, pueden parecer una ventaja, pueden conspirar para el buen comportamiento, como sucedió en la mezcla Master-Zafiro 42, donde la más temprana elongación del tallo del cultivar Zafiro 42, pudo haber causado un efecto de sombreo sobre el cultivar Master afectándolo en estados fenológicos importantes para la determinación del rendimiento, diferenciación de flores e inicios de floración.

Una característica que pocas veces se tiene en cuenta para la elección de las combinaciones de cultivares son las diferencias en su crecimiento radical. Tanto su arquitectura, morfología, profundidad, como la fisiología de las raíces, son muy importantes en la captura de recursos (agua y nutrientes) por los cultivos. Por lo tanto, una adecuada elección de estos componentes puede dar una importante ventaja como lo comprobaron Putnam e Allan, (1992), en asociaciones de mostaza y girasol. Por otra parte, Sarandón e Sarandón (1995) encontraron una mayor producción en mezclas de cultivares de trigo que atribuyeron a posibles

diferencias en el patrón de crecimiento radical de los componentes relacionadas con sus índices de cosecha. Aunque Zafiro 42 y Master difieren en sus índices de cosecha, es probable que, a diferencia del trigo, este carácter no esté relacionado con las características de sus raíces. Además, las diferencias encontradas en el patrón de crecimiento de las raíces de colza se observaron principalmente en estados tempranos del desarrollo (CHAMORRO e TAMAGNO, 2004) y podrían no ser suficientes para permitir una diferenciación de nichos entre los cultivares en las condiciones de los ensayos.

La arquitectura de las plantas (i.e. la altura), puede ser otro carácter importante a tener en cuenta en la elección de las combinaciones más adecuadas de cultivares, para el aprovechamiento del recurso luz, como encontraron en trigo Sharma e Prasad (1978) y Prasad e Sharma (1980) o Zhang et al. (2008) en trigo y algodón. Sin embargo, la idea de combinar plantas de diferente altura en los cultivares utilizados en este ensayo (Zafiro 42, Master y Mistral) no se tradujo en aumentos en la producción de semilla. Posiblemente, y debido a las diferentes arquitecturas de planta, las diferencias de altura necesarias para lograr incrementos

en los rendimientos en colza deban ser mayores que en trigo.

La idea de nicho ecológico, incluye diferencias espaciales y temporales en el uso de los recursos. Por lo tanto era de esperar que cultivares de diferente ciclo pudieran comportarse mejor que de ciclos similares. Sin embargo, las diferencias en el ciclo fenológico de los cultivares tampoco fueron suficientes para mejorar la producción de las mezclas en relación a los cultivos puros de sus componentes. Las ventajas productivas observadas en policultivos de soja y "pigeon pea" (*Cajanus cajan*) (GOSH et al., 2006), mostaza y girasol (PUTNAM e ALLAN, 1992), y arveja (*Pisum sativum*), cebada y colza (ANDERSEN et al., 2004) derivan de sus diferencias en los patrones temporales de extracción y uso de nitrógeno o agua. Aparentemente, los pocos días de diferencia en el inicio de floración entre los distintos cultivares de colza utilizados en esta investigación, no serían suficientes para lograr un mejor uso de los recursos. Sin embargo, Thiaw et al. (1993) encontraron incrementos de 30 a 55% en el rendimiento de las mezclas de variedades de caupí (*Vigna unguiculata*) que diferían en sólo 3 a 6 días en el tiempo a floración, lo que sugiere que existen aún muchos aspectos no del todo comprendidos. Además, la magnitud de la respuesta podría estar influenciada por las condiciones ambientales. En este sentido, las condiciones de semiaridez y escasa fertilidad de los suelos en los que Thiaw et al. (1993) condujeron sus experimentos, podría haber condicionado la magnitud de la respuesta obtenida.

El efecto compensatorio observado por distintos autores en mezclas varietales (MEAD e RILEY, 1981; THIAW et al., 1993; SHARMA e PRASAD, 1978; PRASAD e SHARMA, 1980; SARANDÓN e SARANDÓN, 1995) no resultó tan evidente en las mezclas de cultivares de colza canola evaluadas. Nuestros resultados indican que una mayor diversidad genética no garantiza per se la respuesta positiva de las mezclas (HELLAND e HOLLAND, 2003). La interacción positiva entre Nolza 531 e Impulse tal vez se haya dado a nivel radical, teniendo en cuenta la existencia de diferencias varietales registradas por otros autores a nivel de actividad de las raíces (MAHMOUD et al., 2005).

Los resultados presentados indican que es posible, por medio de la combinación de cultivares seleccionados de colza canola, alcanzar mayor producción de biomasa y semillas que con los mismos cultivares sembrados como cultivos puros, sin aumentar el uso de insumos. Además, confirman la importancia

del diseño de la mezcla a fin de alcanzar tales resultados ya que, como fue señalado por Smithson e Lenné (1996), es posible obtener el efecto opuesto, lo cual también se observó aquí.

Finalmente, estos resultados sugieren que el hecho de combinar cultivares con diferente ciclo fenológico o morfología (altura de planta o índice de cosecha) no determina por sí mismo un buen comportamiento de la mezcla, y fortalece la necesidad de un mejor entendimiento sobre los mecanismos ecológicos involucrados en tales interacciones a fin de seleccionar adecuadamente los componentes de la mezcla (JOKINEN, 1991; SMITHSON e LENNÉ, 1996).

Los resultados de este trabajo, se obtuvieron combinando cultivares no seleccionados, en su mejoramiento genético, por su buen comportamiento en mezclas. Es posible que, si algunas líneas de mejoramiento comenzaran a privilegiar la selección de materiales con buena habilidad combinatoria, se puedan lograr mejores resultados en el futuro (SARANDÓN e CHAMORRO, 2003).

Conclusión

Se puede concluir que la mezcla de variedades de colza canola puede ser una alternativa de bajo costo para aumentar la diversidad y mejorar el uso de los recursos en sistemas extensivos, sobre todo en condiciones de baja fertilidad. Sin embargo, aún son necesarios más estudios y de mayor profundidad para permitir una mejor comprensión de los mecanismos a través de los cuales se alcanza la sobreproducción a fin de proveer una base sólida sobre la cual seleccionar los componentes de la mezcla.

Agradecimientos

A Rodolfo Bezus por su asistencia técnica durante los ensayos de campo.

Bibliografía

- ALTIERI, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agricultural Ecosystems and Environment**, v.74, n.1-3, p.19-31, 1999.
- ANDERSEN, M.K. et al. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. **Plant and Soil**, v.266, n.1, p.273-287, 2004.
- AUFHAMMER, W. et al. Effekte der Sorten-(Weizen) und der Arten-(Weizen, Roggen) Mischung auf die Ertragsleistung krankheitsfreier Bestände. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.163, n.5, p.319-329, 1989.

- CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONEL DES OLEAGINEAUX METROPOLITAINS - CETIOM. **Colza d'hiver. Cahier technique.** París, 1988. 30p.
- CHAMORRO, A.M.; TAMAGNO, L.N. Producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* forma annua). **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.105, n.2, p. 141-150, 2004.
- CHAMORRO, A.M. et al. Diferencias en el ritmo de acumulación y partición de la materia seca y eficiencia de uso del nitrógeno en colza-canola (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* forma annua) asociadas al cultivar. III REUNIÓN NACIONAL DE OLEAGINOSOS, Bahía Blanca, 1998. **Actas de la III Reunión Nacional de Oleaginosos.** Bahía Blanca. Asociación Argentina de Oleaginosos, Universidad Nacional del Sur, 1998. p.207-208. .
- DE WITT, C.T.; VAN DEN BERG J.P. Competition between herbage plants. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.13, n.2, p. 212-221, 1965.
- FLORES CC; SARANDÓN S.J. La Agroecología: un paradigma alternativo al Modelo Convencional de Agricultura Intensiva. In: **La patria sojera.** El modelo agrosojero en el Cono Sur. Buenos Aires, Editorial El colectivo, 2014. p.91-106.
- GOSH, P.K. et al. Growth, competition, yields advantage and economics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India. II. Effect of nutrient management. **Field Crops Research**, v.96, n.1, p.90-97, 2006.
- HECTOR, A. et al. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. **Science**, v.286, n.5442, p.1123-1127, 1999.
- HELLAND, S.J.; HOLLAND J.B. Genome-wide genetic diversity among components does not cause cultivar blend responses. **Crop Science**, v.43, n.5, p.1618-1627, 2003.
- JACKSON, L.F.; WENNIG, R.W. Use of wheat cultivar blends to improve grain yield and quality and reduce disease and lodging. **Field Crops Research**, v.52, n.3, p.261-269, 1997.
- JEDEL, P.E. et al. Yield, quality and stress tolerance of barley mixtures in central Alberta. **Canadian Journal of Plant Science**, v.78, n.3, p.429-436, 1998.
- JOKINEN, K. Competition and yield advantage in barley-barley and barley-oats mixtures. **Journal of Agricultural Science in Finland**, v.63, n.4, p.255-285, 1991.
- MAHMOUD, K. et al. Root growth and N-uptake activity of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars differing in nitrogen efficiency. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.168, n.1, p.130-137, 2005.
- MALÉZIEUX, E. et al. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. **A review. Agronomy for Sustainable Development**, v.29, n.1, p.43-62, 2009.
- MEAD, R.; RILEY, J. A review of statistical ideas relevant to intercropping research. **Journal of the Statistical Society**, Series A. v.144, n.4, p.462-509, 1981.
- MUNDT, C.C. et al. Influence of barley variety mixtures on severity of scald and net blotch and on yield. **Plant Pathology**, v.43, n.2, p.356-361, 1994.
- PRASAD, R.; SHARMA, S.N. Systematic mixed stands of spring wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**, v.94, n.3, p.529-532, 1980.
- PUTNAM, D.H.; ALLAN, D.L. Mechanisms for overyielding in a sunflower/mustard intercrop. **Agronomy Journal**, v.84, n.2, p.188-195, 1992.
- SARANDÓN, S.J.; CHAMORRO, A.M. Desafíos y limitaciones del mejoramiento genético para sistemas de policultivos. In: **Producción de cultivos de granos. Bases funcionales para su manejo.** Buenos Aires, Editorial Facultad Agronomía Universidad de Buenos Aires. 2003. p.353-372
- SARANDÓN, S.J.; LABRADOR MORENO, J. El uso de policultivos en una agricultura sustentable. In: **Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable.** La Plata: Ediciones Científicas Americanas, 2002. p.189-222.
- SARANDÓN, S.J.; SARANDÓN, R. Mixture of cultivars: plot field trial of an ecological alternative to improve production or quality of wheat (*Triticum aestivum* L). **Journal of Applied Ecology**, v.32, n.2. p.288-294, 1995.
- SARANDÓN, S.J. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El Impacto de la Agricultura intensiva de la Revolución Verde. In: **Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable.** La Plata: Ediciones Científicas Americanas, 2002. p.23-48.
- SARANDÓN, S.J. Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable: Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. In: **Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones.** Bogotá: Opciones Graficas Editores, 2009. p.105-130.
- SHARMA, S.N.; PRASAD, R. Systematic mixed versus pure stands of wheat genotypes. **Journal of Agricultural Science**, v.90, n.2, p.441-444, 1978.
- SMITHSON, J.B.; LENNÉ, J.M. Varietal mixtures: a viable strategy for sustainable productivity in subsistence agriculture. **Annals of Applied Biology**, v.128, n.1, p.127-158, 1996.

- SWIFT, M.J. et al. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.104, n.1, p.113–134, 2004.
- THIAW, S. et al. Varietal intercropping and the yields and stability of cowpea production in semiarid Senegal. **Field Crops Research**, v.33, n.3, p.217-223, 1993.
- VANDERMEER, J. **The ecology of intercropping**. Cambridge, Cambridge University Press, 1989. 237p.
- WILLEY, R.W. ; RAO, M.R. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. **Experimental Agriculture**, V.16, n.2, p.117-125, 1980.
- ZHANG L. et al. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. **Field Crops Research**, v.107, n.1, p.29–42, 2008.