

06

Fuentes fosforadas en *Brassica Carinata*

**GUSTAVO N. FERRARIS^{1,*},
FERNANDO JECKE²,
FERNANDO MOUSEGNE²,
ORLANDO VELLAZ³,
Y GONZALO SANTIA²**

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Manejo de Cultivos. (Argentina).

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Agencia de Extensión Rural San Antonio de Areco. (Argentina)

³ Nuseed Argentina S.A.

* ferraris.gustavo@inta.gob.ar

Brassica carinata es una especie invernal de gran tamaño y elevada respuesta a fósforo. La adición de otros macro y micronutrientes en las mezclas suele potenciar su efecto en cereales. Las mezclas químicas presentan mejores resultados, por su granulometría y composición estable. ¿Deberíamos esperar lo mismo en Carinata? Los resultados de esta investigación contribuyen a confirmar esta hipótesis.

Palabras clave: Brassicaceas, Fósforo, Azufre, Micronutrientes, Eficiencia.

Introducción

Las crucíferas o brasicáceas son las oleaginosas más cultivadas en Europa y otros lugares del mundo. El interés reside en la producción de aceites comestibles de calidad, y últimamente en la obtención de biocombustibles. Con este objetivo, algunas especies como *Brassica carinata* se encuentran en franca expansión. En todos los cultivos invernales, el fósforo (P) es un elemento determinante. No sólo favorece la adaptación al frío y bajas precipitaciones. Los resultados obtenidos en diferentes experimentos muestran que tanto la producción de biomasa aérea como las concentraciones de nitrógeno (N) y P en la planta, pueden incrementar significativamente (Ferraris *et al.*, 2020; Bas-hval *et al.*, 2023). La diversidad de fuentes fosforadas presentes en el mercado argentino se ha incrementado notoriamente. Mezclas físicas y químicas, macro

y microgranulados, sólidos o líquidos son algunas de las alternativas de las que dispone el productor. Es habitual que aporten otros elementos químicos esenciales para los cultivos de probada eficiencia agronómica, como azufre (S), zinc (Zn) o boro (B), de gran valor agronómico en el cultivo (Cockson et al., 2021).

El objetivo de este experimento es seleccionar las mejores fuentes para la fertilización de base de *Brassica carinata*. Como hipótesis se sugiere que estas difieren en su comportamiento agronómico, a partir de un aporte diferencial de nutrientes, y características propias de la formulación y granulometría que determinan su eficiencia.

Materiales y Métodos

Durante el año 2023, se condujeron dos experimentos de fertilización a campo con la especie *Brassica carinata*. El primero de ellos se condujo en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, sembrado el día 7 de Junio. El segundo experimento se implantó en la localidad de San Antonio de Areco, sobre un suelo Serie Capitán Sarmiento, el día 13 de Junio de 2023. Los experimentos fueron conducidos en un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones. En ambos casos, se utilizó el híbrido Nuseed Nujet 350 a una densidad de 140 pl/m² y con distanciamiento de 0,2 m entre líneas. Se utilizaron 2

a 2,5 l/ha de Trifluralina fotoestable como preemergente. Durante el ciclo se realizaron dos aplicaciones de los insecticidas Lambdaialotrina + Clorantraniliprole, para controlar pulgón (*Brevicoryne brassicae* L.) y la oruga de las crucíferas (*Plutella xylostella*). Todas las parcelas recibieron una fertilización de base urea granulada (46-0-0) a la dosis de 200 kg/ha.

Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 1. Por su parte, los análisis de suelo de los sitios se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Fuentes fosforadas aplicadas en *Brassica carinata*. INTA Pergamino y San Antonio de Areco.

Tratamiento	Descripción	Grado	Dosis (kg/ha)
T1	Testigo		0
T2	Fosfato monoamónico	(11-23-0)	90
T3	Superfosfato triple de calcio	(0-20-0-14 Ca-1S)	90
T4	Top Phos 724	(7-11-0-S11-Zn 0,3 B 0,1)	90
T5	Microessentials SZ	(10-17-0-S10-Zn1)	90
T6	MicroStar CMB Bio	(10-17-0-S4-Zn2)	40
T7	Micro+	(10-20-0-S2-Zn2)	40

Tabla 2. Datos de suelo al momento de la siembra

Localidad	Profundidad	PH	CE	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos	S-Sulfatos	Zn-EDTA suelo
	cm	agua 1:2,5	dS/m ⁻¹	%	ppm	kg/ha	ppm	ppm
Pergamino	0-20 cm	5,8	0,05	2,23	10,3	35,6	10,3	1,03
S. A. Areco	0-20 cm	6,0	0,09	4,00	13,1	16,6	-	-

Se determinó biomasa aérea en floración plena (F2) de la escala CETIOM (Agosti *et al.*, 2009). En el mismo estadio, se midió el índice verde normalizado (NDVI por sus siglas en inglés) por Green seeker, intercepción mediante un radiómetro lineal y se estimó el contenido de N foliar por Minolta Spad. La cosecha

se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Los resultados se analizaron mediante partición de varianza, comparaciones de media y análisis de regresión. Sobre una muestra de cosecha se cuantificó el peso de los granos, y se calculó el número de granos (NG).

Resultados y Discusión

Pergamino. En la Tabla 3 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en la Figura 1 se presentan los rendimientos y sus diferencias estadísticas.

Tabla 3. NDVI por Green seeker, calificación del vigor, biomasa seca aérea (**BA**) en floración plena (**F2**), altura final de las plantas, intercepción, rendimiento (kg/ha), número (**NG**) y peso (**PG**) de los granos y NDVI por Green seeker. *Comparación de fuentes para la fertilización fosforada en Brassica carinata. Pergamino, año 2023.*

T	Dosis N	NDVI F2	Vigor (1-5)	Biomasa aérea F2 (kg/ha-	Altura (cm)
T1	Testigo	0,61	3,5	12081	105
T2	MAP 90	0,62	3,5	14031	131
T3	SPT 90	0,62	3,5	15328	132
T4	Top Phos 724 90	0,63	4,0	14523	127
T5	Mess SZ 90	0,63	3,4	13526	130
T6	MCMB 40	0,62	3,6	14883	135
T7	Micro+ 40	0,62	3,4	14026	129
	R2 vs rend	0,63	0,05	0,57	0,84

T	Dosis N	Intercepción F2 (%)	NG/m	PG x 1000 (g)
T1	Testigo	94,9	100029	4,3
T2	MAP 90	96,2	121189	4,1
T3	SPT 90	95,8	124453	4,0
T4	Top Phos 724 90	96,7	124970	4,1
T5	Mess SZ 90	96,3	130000	4,0
T6	MCMB 40	95,3	122674	4,3
T7	Micro+ 40	95,8	119558	4,1
	R2 vs rend	0,35	0,88	0,16

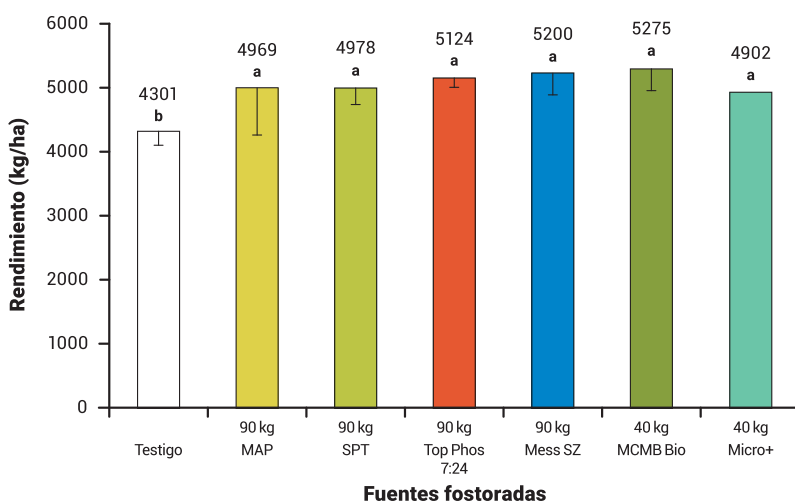


Figura 1. Rendimiento de *Brassica carinata* según fuente de fertilizante fosforado aplicado en línea de siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD a=0,10, dms=485 kg/ha). INTA Pergamino, año 2023.

S. A. de Areco. En la Tabla 4 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en la Figura 2 se presentan los rendimientos.

Tabla 4. NDVI por Green seeker, calificación del vigor, biomasa verde aérea (**BV**) en floración plena (**F2**), altura final de las plantas, intercepción, rendimiento (kg/ha), número (**NG**) y peso (**PG**) de los granos. Comparación de fuentes para la fertilización fosforada en *Brassica carinata*. San Antonio de Areco, año 2023.

T	Dosis N	NDVI F2	Vigor (1-5)	BV F2 (kg/ha)	Altura (cm)
T1	Testigo	0,65	3,00	6,3	117
T2	MAP 90	0,65	3,50	7,2	127
T3	SPT 90	0,65	3,63	7,1	125
T4	Top Phos 724 90	0,67	3,75	6,9	118
T5	Mess SZ 90	0,65	4,00	6,9	128
T6	MCMB 40	0,64	3,88	7,4	119
T7	Micro+ 40	0,63	3,63	8,0	130
	R2 vs rend	0,14	0,32	0,27	0,01

T	Dosis N	Intercepción F2 (%)	NG/m	PG x 1000 (g)
T1	Testigo	95,4	110226	3,5
T2	MAP 90	98,7	122023	3,6
T3	SPT 90	97,7	148056	3,0
T4	Top Phos 724 90	97,0	132043	3,9
T5	Mess SZ 90	96,7	128247	3,4
T6	MCMB 40	97,3	119556	3,8
T7	Micro+ 40	97,7	129655	3,6
	R2 vs rend	0,23	0,25	0,21

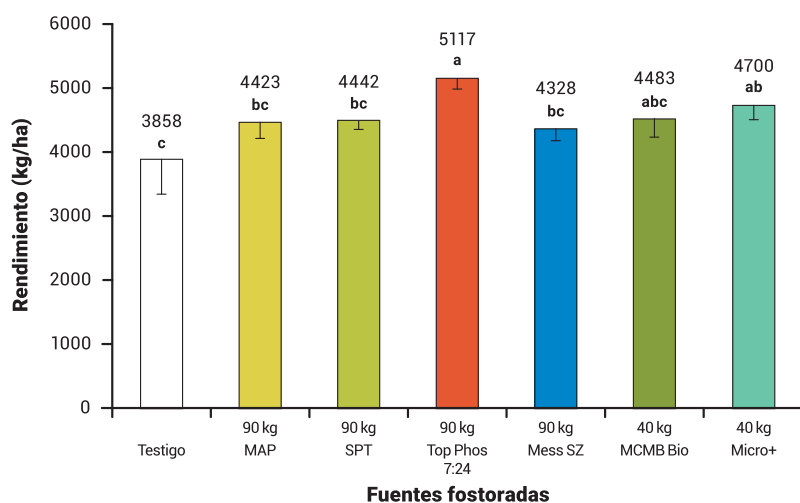


Figura 2. Rendimiento de *Brassica carinata* según fuente de fertilizante fosforado aplicado en línea de siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,10$, $dms=649$ kg/ha). INTA San Antonio de Areco, año 2023.

Las precipitaciones durante el ciclo alcanzaron a 308 mm en Pergamino y 363 mm en San Antonio de Areco. La especie se adaptó bien a un ambiente seco inicial, y presentó una reacción favorable desde la primavera. La adición de P y otros elementos en línea como “starters” incrementó el crecimiento y uniformó el cultivo, mejorando la tolerancia a bajas precipitaciones.

Las variables determinadas durante el ciclo de cultivo lograron anticipar el comportamiento de los rendimientos. En Pergamino presentaron alta correlación con la productividad NDVI, biomasa aérea, altura de las plantas y NG (Tabla 3). Por su parte, en San Antonio de Areco la relación entre variables fue más débil, siendo la principal la calificación del vigor (Tabla 4).

Se determinaron diferencias estadísticas en los rendimientos de Pergamino ($P=0,05$, $cv=7,9$ %). Los fertilizados sin distinción superaron al testigo. Como tendencia, en términos absolutos parecieran sobresalir mezclas químicas balanceadas con inclusión de micronutrientes, como Microstar CMB Bio, Mess SZ y Top Phos 724. Makela *et al.* (2020) y Cockson *et al.* (2021) destacan la importancia de incorporar micronutrientes en este cultivo. En San Antonio de Areco las diferencias de rendimiento estuvieron en el límite de la significancia estadística ($P=0,10$, $cv=11,8$ %). Prevalcieron Top Phos y el microgranulados Micro+, en tanto que las otras fuentes no difirieron con el testigo. Esta jerarquía confirma los mejores resultados de las mezclas químicas multinutrientes, en frente a otras fuentes simples basadas en NP.

Los resultados obtenidos estuvieron alineados en ambas localidades. Las mezclas químicas de composición balanceada con aporte de micronutrientes presentaron una performance superior, respecto de los fertilizantes simples con P o NP. Esto incluyó fuentes macro granuladas y en San Antonio de Areco, también a los microgranulados.



Fotografía 1. Vista general del tratamiento a dosis máxima de MAP 120, llegando a madurez fisiológica. INTA Pergamino

Bibliografía

Agosti, M. B.; Gómez, N. V.; Vilariño, M. P. y Miralles, D. J. 2009. *Fenología y generación del rendimiento y la calidad de canola*. Congreso "A Todo Trigo". Federación de Acopiadores de Granos.

Bashyal, M.; Mulvaney, M.; Crozier, C. R.; Iboyi, J.; Perondi, D.; Post, A.; Devkota, P. 2023. *Brassica carinata nutrient accumulation and partitioning across maturity types and latitude*. En: *Crop Science*, 63(2), 833-851.

Cockson, P.; Veazie, P.; Davis, M.; Barajas, G.; Post, A.; Crozier, C. R.; Whipker, B. E. 2021. *The Impacts of micronutrient fertility on the mineral uptake and growth of Brassica carinata*. En: *Agriculture*, 11(3), 221.

Ferraris, G. N.; Mousegne, F.; Jecke, F.; Vellaz, O. 2020. *Respuesta a fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en Brassica carinata-Campaña 2019*. EEA Pergamino, INTA. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/7105> [consultado: 01 de marzo 2024].

Mäkelä, P.; Wasonga, D.; Solano Hernandez, A.; Santanen, A. 2020. *Seedling growth and phosphorus uptake in response to different phosphorus sources*. En: *Agronomy*, 10(8), 1089.