



**EFFECTO DEL MOMENTO DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN GIRASOLES DE
SIEMBRA TARDÍA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO EN
ACEITE**

Autor:

Lami, Ignacio Guillermo

Tutor:

Ing. Agr. Cantarero, Marcelo.

ÁREA DE CONSOLIDACIÓN.

SISTEMAS AGRÍCOLAS DE PRODUCCIÓN EXTENSIVOS.

AÑO 2018.

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.

TABLA DE CONTENIDOS

Contenido	Pág.
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
HIPÓTESIS	15
OBJETIVOS	15
MATERIALES Y METODOS	15
RESULTADOS	19
CONCLUSIÓN	30
CONSIDERACIONES FINALES	31
AGRADECIMIENTOS	32
BIBLIOGRAFÍA	33

LISTA DE FIGURAS

Fig.	Título	Pág.
1	Evolución del rendimiento en Argentina del cultivo de Girasol.	7
2	Evolución de la superficie sembrada en la provincia de Córdoba.	8
3	Representación esquemática de la planta de girasol durante su ontogenia indicando los estados fenológicos y la duración relativa de las fases en una hipotética escala de tiempo; eventos asociados a los cambios morfológicos de la planta y barras indicando los períodos en los que se definen los distintos componentes del rendimiento.	9
4	Porcentaje de intercepción de RFA desde la emergencia del cultivo para cada uno de los tratamientos evaluados en el genotipo alto oleico NTO 4.0 (a) y MG360 (b). La flecha indica el momento de floración (R5.5).	23
5	Peso seco total del cultivo en función del tiempo desde la emergencia para el híbrido NTO 4.0 (a) y MG360 (b) y cada tratamiento. La flecha indica el momento de floración (R5.5) y la línea punteada el período para el cual se calculó la TCC que figura en Tabla 2.	26
6	Relación entre el número de granos por unidad de superficie (NG) y la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) entre los estados fenológicos R1 y R6. Los símbolos vacíos corresponden al híbrido MG360 y los llenos al híbrido NTO 4.0. Los rombos, círculos, triángulos y cuadrados corresponden a los tratamientos 0+0, 0+200, 200+0 y 200+200 respectivamente.	29

LISTA DE TABLAS

Tabla	Título	Pág.
1	Registros mensuales de radiación global (Rad. Global), temperaturas mínimas (Tmin), máximas (Tmax) y medias (Tmed) y precipitación (PP), desde diciembre de 2016 hasta abril de 2017. Entre paréntesis se muestra la media histórica para el período 1959-2011.	19
2	Propiedades químicas del suelo al momento de la siembra del experimento. Materia orgánica del suelo (MOS), nitrógeno total (Nt), nitrógeno como nitratos (N-NO ₃ -), fósforo Bray (P Bray) y azufre como sulfatos (S-SO ₄ -).	20
3	Duración de las etapas fenológicas desde siembra a emergencia (S-E), de emergencia a R5.5 (E-F) y de R5.5 a R9 (F-M) para cada híbrido y tratamiento de fertilización.	21
4	Peso seco total del cultivo en madurez (PST), radiación fotosintéticamente actica interceptada acumulada (IRFA) durante el ciclo, eficiencia en el uso de la radiación (EUR) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC) alrededor de floración para los tratamientos evaluados.	25
5	Rendimiento en Grano (RG), Numero de Granos (NG), Peso de Grano, Índice de Cosecha (IC), Porcentaje de ácidos grasos en grano (%Ac), Porcentaje de proteína en grano (%Prot) y Rendimiento de Aceite (Rac) para los tratamientos evaluados durante dos campañas (2016/2017).	28

RESUMEN

El objetivo del siguiente trabajo fue evaluar la generación de biomasa y el rendimiento en aceite (g/m^2) para diferentes momentos de aplicación de nitrógeno (Tratamientos) en dos híbridos de girasol, uno tradicional y uno alto oleico, sembrados en fecha tardía en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC. La interacción tratamiento \times híbrido no fue estadísticamente significativa para ninguna de las variables evaluadas. El momento de aplicación de nitrógeno tuvo efectos significativos sobre la producción de biomasa. La aplicación de nitrógeno a la siembra incrementó significativamente el peso seco total a la madurez del cultivo. Una segunda dosis de nitrógeno aplicada en floración no modificó el peso seco. Estas variaciones entre tratamientos estuvieron asociadas a cambios en la EUR y en la RFA capturada durante el ciclo ($R^2 = 0,91$ y $R^2 = 0,62$ respectivamente). El rendimiento en aceite fue mayor cuando el nitrógeno se aplicó a la siembra, y fue el resultado de un mayor número de granos por unidad de superficie. En contrapartida, la aplicación de nitrógeno redujo el % de aceite del grano. Estos resultados pueden ser de utilidad para adecuar el manejo de nitrógeno en el cultivo de girasol en siembras tardías.

PALABRAS CLAVE: Girasol, momento de aplicación de nitrógeno, Intercepción de radiación, Eficiencia de uso de la radiación, Rendimiento en aceite.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el girasol (*Helianthus annuus* L.), es uno de los principales cultivos oleaginosos y su importancia radica en su alto contenido de aceite, el cual desde el punto de vista nutritivo se destaca por su calidad (Pascale y De la Fuente, 1989). Aunque representa menos de una décima parte de los aceites elaborados a nivel mundial, se ubica en el cuarto nivel de importancia después de la soja, palma y colza. Argentina es uno de los cuatro principales países productores y exportadores de aceite de girasol del mundo (Bolsa de Comercio de Rosario, 2016).

En Argentina, para la campaña 2016/2017, se sembró una superficie de 1.7 millones de ha donde se produjeron 3,5 millones de toneladas con un rendimiento promedio nacional de 20,3 qq/ha y se ha estimado que el rendimiento potencial puede alcanzar entre 40 a 50 qq/ha (Hall et al. 2010). En la Fig. 1 se presenta la evolución del rendimiento en Argentina para el período 1969-2016, donde se observa una ganancia del orden de los 50 kg/ha/año hasta fines de los años 90, a partir de allí el alcanza una meseta. Existen evidencias que muestran que en los últimos años en Argentina, el mejoramiento genético en girasol ha sido realizado principalmente sobre aspectos de la calidad del grano como el porcentaje de aceite y no sobre la mejora del rendimiento (de la Vega et al., 2007).

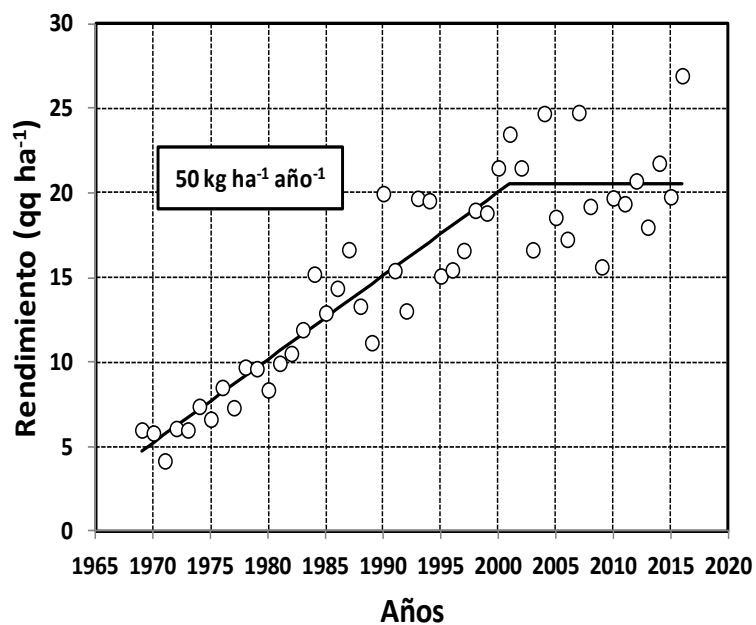


Fig. 1. Evolución del rendimiento en Argentina del cultivo de Girasol. SIIA, 2017.

En la provincia de Córdoba el rendimiento promedio es de 21 qq/ha. Este cultivo actualmente ocupa el quinto lugar en área sembrada entre los cultivos estivales, luego de la soja, el maíz, el maní y el sorgo. Para la campaña 2016, la superficie sembrada fue de 31.500 ha, y esta ha sufrido una marcada disminución en los últimos años (Fig. 2), la cual ha sido ocupada principalmente por los cultivos como soja y maíz que presentan un mayor margen bruto y no poseen problemas con adversidades como la presencia de aves que generan altas pérdidas de rendimiento en esta región.

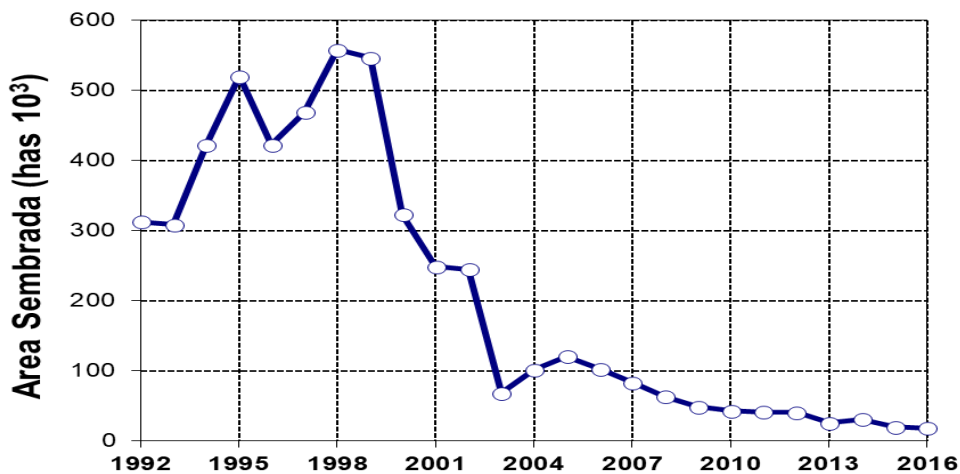


Fig. 2. Evolución de la superficie sembrada en la provincia de Córdoba. SIIA, 2017.

La brecha presente entre los rendimientos actuales y los potenciales se explica principalmente por la disponibilidad y el manejo de los recursos esenciales para el cultivo, como la oferta de agua y de nutrientes. Entre estos últimos se destaca el nitrógeno.

CICLO ONTOGENICO

Para entender las bases de la generación del rendimiento, debemos observar cómo se desarrolla el cultivo. La fenología fue descrita por Schneiter y Miller (1981). En la Fig. 3 se presenta un esquema del proceso de desarrollo donde se establecen las fases vegetativas y reproductivas por las que atraviesa el cultivo a lo largo del ciclo. En girasol la etapa de mayor sensibilidad a factores adversos es aquella donde se determina el número de granos por unidad de superficie (aproximadamente entre 20 días antes y 20 días después de R5). Sin embargo, también se ha citado al período de llenado de los frutos como un período sensible.

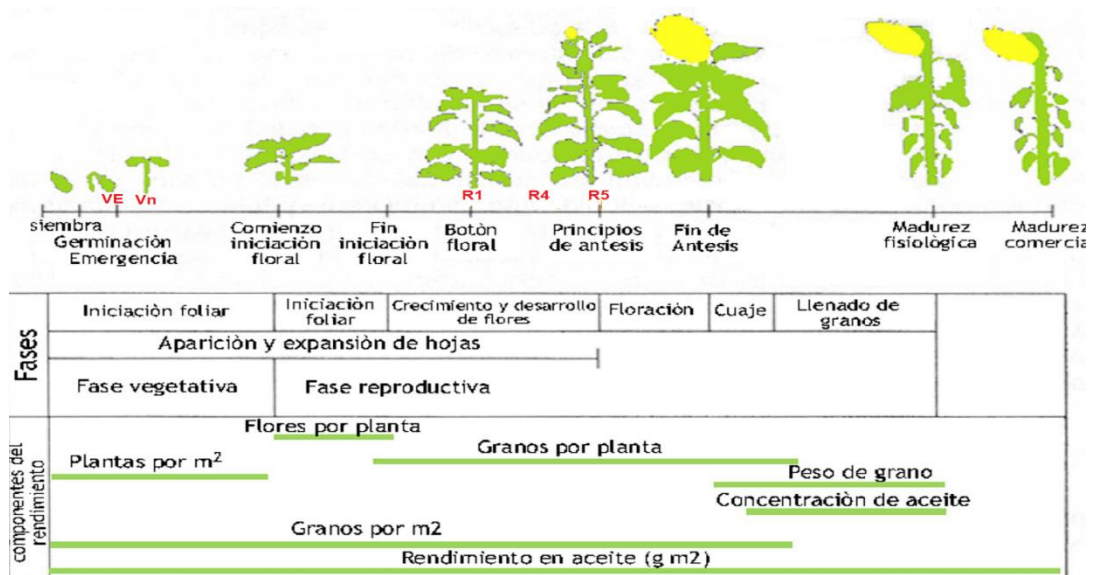


Fig. 3. Representación esquemática de la planta de girasol durante su ontogenia indicando los estados fenológicos y la duración relativa de las fases en una hipotética escala de tiempo; eventos asociados a los cambios morfológicos de la planta y barras indicando los períodos en los que se definen los distintos componentes del rendimiento. (Schneiter y Miller, 1981)

PRODUCCIONDE PESO SECO DEL CULTIVO

Los cultivos usan la radiación solar para reducir el dióxido de carbono y producir biomasa, cuya acumulación durante un período de tiempo es el resultado de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo (RFA) y la eficiencia de conversión en biomasa. Esto puede visualizarse en la siguiente ecuación:

$$B = R_{inc} * e_i * EUR * n$$

Donde; R_{inc} es la radiación fotosintéticamente activa incidente (RFA), e_i es la eficiencia con la que el canopeo intercepta la R_{inc} , EUR es la eficiencia de conversión de radiación en biomasa y n es la duración del ciclo del cultivo.

El índice de área foliar varía con la etapa fenológica y las condiciones ambientales. El IAF crítico (IAF_c), es el mínimo IAF que permite interceptar el 95 % de la radiación incidente y por lo tanto alcanzar la máxima tasa de crecimiento del cultivo (Gardner, et al.,1985). Las prácticas de manejo deberían asegurar que el cultivo maximice la interceptación de radiación, la tasa de crecimiento del cultivo y la partición hacia estructuras reproductivas durante el período crítico para lograr máximos rendimientos (Andrade et al., 2005). Del mismo modo para obtener el máximo peso por fruto y la máxima concentración de aceite es necesario que el cultivo sostenga un activo crecimiento durante la fase de llenado.

RENDIMIENTO EN ACEITE

Los tres componentes principales del rendimiento en aceite (R_{ac}) son el número de granos por unidad de superficie (NG), el peso individual por grano (PG) y el porcentaje de aceite (%Ac).

$$R_{ac} \text{ (g/m}^2\text{)} = \text{NG} * \text{PG} * \% \text{Ac.}$$

Como se mencionó anteriormente, estos componentes, se definen en diferentes etapas fenológicas del cultivo. El número de granos se determina durante una larga etapa, que comienza en la iniciación floral. En girasol, el período alrededor de floración es el más crítico para la determinación del rendimiento (Cantagallo et al., 1997). Para la mayoría de las especies y condiciones de crecimiento, la variación en el rendimiento está explicada por la variación el número de granos (Chapman y Edmeades, 1999)

El peso por grano comienza a determinarse aproximadamente en el estado de fin de floración y queda establecido en madurez fisiológica. Por último, el porcentaje de aceite, comienza a determinarse algunos días después del comienzo del crecimiento del grano y generalmente queda establecido algunos días antes de la madurez fisiológica (Aguirrezábal, 2003).

En girasol, un estrés durante el período efectivo de llenado puede producir menor peso de los aquenios y menor porcentaje de aceite. Se han encontrado asociaciones positivas entre rendimiento y duración de área foliar durante el llenado. El contenido máximo de aceite está controlado genéticamente y se ha incrementado significativamente por mejoramiento genético (Sadrás y Villalobos, 1994). La expresión de este carácter está influenciada por factores ambientales y por el manejo (Aguirrezabal y Pereyra, 1998).

La concentración de aceite del grano en girasol depende en la radiación interceptada por la planta

durante el llenado de grano, por lo tanto, requeriría un ajuste de la gestión de prácticas (por ejemplo, fecha de siembra, elección del cultivar, densidad de siembra, oferta de nutrientes) para mejorar la radiación interceptada durante tal período (Aguirrezábal et. al., 2015).

En Córdoba y en otras regiones del país la demora de la siembra hacia inicios o mediados del verano de cultivos estivales es una práctica frecuente (Vega et al., 2017). Esta práctica mejora el estado hídrico del cultivo debido a la mayor recarga y menor demanda hídrica. No obstante, el atraso de la siembra expone al cultivo a menores ofertas radiativas durante las fases de llenado de los granos y esto puede reducir tanto el peso por grano como la calidad final. Si bien estos aspectos han comenzado a estudiarse con detalle en algunos cultivos como maíz, en girasol no hay suficiente información que estudie en detalle el efecto sobre el rendimiento en aceite en estas condiciones.

NITROGENO

En función de la relación entre el rendimiento en grano y la acumulación de N en la parte aérea del cultivo, es factible determinar el requerimiento de N para producir 1 tn de grano. La pendiente de dicha relación indica que se requieren 45 kg N por tn de grano producido y considerando el índice de cosecha del nutriente (61 %), se exportarían 27 kg N por tn de grano durante la cosecha. El requerimiento de 45 kg N por tn de grano producido correspondería a un contenido de proteínas en el grano de 15 %. Este valor corresponde al promedio de concentración y se ha determinado que el mismo puede variar desde 12 a 18 %, en función de la disponibilidad de N. Cuando la disponibilidad de N aumenta y particularmente en estadios avanzados del cultivo, se incrementará el contenido de proteínas, disminuyendo la concentración de aceite (Steer et al., 1984).

El nitrógeno es un nutriente que incrementa el crecimiento, la duración del área foliar y la fotosíntesis del cultivo, características que permiten al girasol aumentar el rendimiento por unidad de superficie (Morales Morales et al., 2015). La respuesta del girasol a la fertilización con N depende del momento de su aplicación, especialmente para los componentes del rendimiento de semilla. Por lo tanto, el número de granos por planta responde positivamente al suministro de N antes del inicio de la floración (Steer y Hocking 1983; Steer et al. 1984) a través de su efecto sobre el número de flores diferenciadas (Palmer y Steer 1985). A medida que aumenta el nivel de N, el diámetro del capítulo se incrementa (Ozer et al, 2004) y el número de granos por capítulo está positivamente asociado con el tamaño o diámetro del capítulo (Zubillaga et al., 2002).

El peso del grano responde positivamente a la aplicación de N después del inicio de la floración. Además, Andrade (2005) mostró que en situaciones donde se produce un bajo número de granos, el

rendimiento podría ser mantenido debido a la capacidad de compensación que posee girasol al aumentar el peso por grano. Por lo tanto, para maximizar la producción, es crítico optimizar la absorción de N en floración ya que puede afectar tanto al número como al peso del grano.

La aplicación de N después de la antesis puede disminuir la concentración de aceite. El exceso de nitrógeno puede reducir la concentración de aceite de girasol, principalmente a través de un aumento en la concentración de proteína en grano (Steer et al., 1984). El abundante suministro de nitrógeno mejora los precursores de proteínas, compuestos en gran parte por N, existiendo una gran afinidad por la foto-sintetasa para la formación de proteínas y en menor medida para la síntesis de grasas (Holmes, 1980).

Zheljazkov et al. (2009) observó que la concentración de aceite del grano de diferentes híbridos de girasol disminuyó con un mayor suministro de nitrógeno, pero el rendimiento en aceite no se vio afectado debido a un mayor rendimiento.

La oferta de N depende de la capacidad de mineralización del suelo. En siembras tardías el suelo generalmente tiene mayor cantidad de N-NO_3^- debido al incremento en la temperatura y a la mayor humedad en el perfil. En estas condiciones la respuesta a la fertilización nitrogenada puede ser errática, por lo tanto, la evaluación de la estrategia de fertilización requiere ajustes para maximizar el rendimiento en aceite cuando se modifica la fecha de siembra.

HIPÓTESIS

En siembras tardías de girasol la fertilización temprana con N genera una respuesta positiva del rendimiento en aceite respecto a las aplicaciones en floración a pesar de una reducción en el porcentaje de aceite del grano.

OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar en siembra tardía (diciembre) la producción de biomasa y el rendimiento en aceite de girasol ante aplicaciones de N al momento de la siembra y en floración, evaluando la captura y eficiencia de uso de la radiación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Área Experimental del Campo Escuela de FCA-UNC (31° 30' S. 64°00' W; altitud 360 m.), durante la campaña 2016/2017. El suelo corresponde a la serie Villa del Rosario, Complejo Indiferenciado Capilla de los Remedios. Es un suelo Haplustol Típico, de capacidad de uso IV, medianamente ácido, escasamente provisto de materia orgánica y con buen drenaje (Carta de suelos de la República Argentina, 1987). El clima de esta zona corresponde a la región semiárida central de la provincia de Córdoba con una precipitación media anual de 800 mm.

El experimento se sembró el día 16/12/2016, con una densidad de 50.000 plantas/ha. El experimento fue regado por aspersión y se realizaron controles químicos para la protección del cultivo contra malezas, plagas y enfermedades.

Se sembraron dos híbridos: a) el genotipo NTO 4.0, un híbrido de ciclo intermedio corto que presenta tolerancia a *Verticillium* y medianamente tolerante a *Esclerotinia* y roya negra. Presenta tecnología

Clearfield y es alto oleico (Dow, 2013), y b) el híbrido MG360, un híbrido tradicional de ciclo levemente más largo, moderadamente resistente a Verticillium y medianamente tolerante a Esclerotinia y Roya Negra (Dow, 2013).

La fertilización nitrogenada combinó dosis y momentos de aplicación. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1) 0 kg N/ha (0+0)

2) 200 kg N/ha en R5 (0+200)

3) 200 kg de N/ha a la siembra (200+0)

4) 200 kg de N/ha en siembra y 200 kg N/ha en R5 (200+200)

La fuente de nitrógeno utilizada fue urea, dosificada entre líneas de siembra. Luego de cada aplicación del fertilizante, se regó para garantizar su incorporación.

Registros climáticos durante el ciclo del cultivo, fueron tomados de una estación meteorológica ubicada a 100 m del experimento.

El diseño experimental fue en parcelas sub-divididas en donde la parcela principal correspondió a los tratamientos de fertilización, y la sub-parcela al genotipo. El número de repeticiones fue de tres. Cada parcela fue de 5 surcos de 7 m de largo distanciados a 0,52 m. Para evitar daños de pájaros, al momento de floración se taparon 15 capítulos con redes plásticas (tipo cebollera). Además antes de producirse la antesis se colocaron bolsas Delnet para evitar polinización cruzada entre genotipos.

VARIABLES EVALUADAS

Peso seco del cultivo

Se tomaron muestras de 5 plantas por parcela para la determinación de biomasa aérea total en los estados fenológicos de R1, R3, R5, R6 y R9 de acuerdo a la escala fenológica de Schneiter y Miller (1981). La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) se calculó como el cociente entre la diferencia de peso seco entre el muestreo en R1 y R6 y el número de días transcurrido entre ambos muestreos.

Fracción de intercepción de radiación fotosintéticamente activa (fRFA)

Se midió semanalmente, siguiendo la metodología empleada por Gallo y Daughtry (1986), utilizando un sensor cuántico (Decagon Devices). Las mediciones se realizaron al mediodía, tomando tres lecturas por parcela, teniendo la precaución de colocar la barra por encima de la última hoja seca en cada momento.

La fracción de intercepción de radiación fotosintéticamente activa (fRFA) entre mediciones se obtuvo por interpolación lineal. La radiación fotosintéticamente interceptada acumulada hasta madurez (IRFA) se obtuvo como la suma diaria de la RFA interceptada por el cultivo (producto entre la fRFA y la RFA incidente). La RFA incidente fue registrada en una estación agrometeorológica ubicada a 100 m del experimento. La eficiencia de uso de la radiación (EUR) se calculó como el cociente entre el peso seco total del cultivo a madurez y la radiación fotosintéticamente interceptada acumulada hasta madurez.

Rendimiento, porcentaje de aceite y proteína

El rendimiento (RG) fue determinado en el surco central de cada parcela. Los capítulos se cosecharon en madurez fisiológica (R9) para la posterior trilla manual. Todas las muestras de material vegetal fueron secadas en cámara de aire forzado a 65°C. El PG se determinó sobre una muestra de 200 granos. El NG se obtuvo como el cociente entre el rendimiento y PG. El índice de cosecha se calculó como el cociente entre RG y el PST a madurez. La concentración de materia grasa del grano, se determinó mediante extracción

sólido-líquido utilizando un equipo Soxhlet, con n-hexano como solvente, durante 12 hs. La materia grasa se calculó por diferencia de peso de las muestras antes y después de la extracción (AOAC, 2010). El R_{ac} fue determinado como el producto entre RG y la concentración de aceite. Sobre una muestra de granos se determinó el porcentaje de nitrógeno por el método de Kjeldhal. Para convertir el porcentaje de nitrógeno en porcentaje de proteínas se utilizó el factor 5,30, siendo este factor el utilizado para girasol y todos sus productos derivados (AOAC, 2010).

Análisis estadístico

Todos los datos fueron analizados mediante ANAVA. Cuando las diferencias entre medias fueron significativas se compararon a través de la prueba DGC ($p < 0,05$), utilizando el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características climáticas durante la estación de crecimiento y fertilidad del suelo

En la Tabla 1 se muestran las condiciones climáticas durante la estación de crecimiento del cultivo. En general los registros mensuales de radiación global y de temperatura fueron similares a los valores históricos. La precipitación total desde diciembre hasta abril fue de 417 mm, esta oferta hídrica más el aporte de agua de riego aplicado, fueron suficientes para garantizar al cultivo un bajo nivel de estrés.

Tabla 1. Registros mensuales de radiación global (Rad. Global), temperaturas mínimas (Tmin), máximas (Tmax) y medias (Tmed) y precipitación (PP), desde diciembre de 2016 hasta abril de 2017. Entre paréntesis se muestra la media histórica para el período 1959-2011.

Meses	Rad. Global (Mj/m ²)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PP (mm)
Diciembre	21,7 (22,6)	16,5 (17,4)	30,9 (28,9)	23,7 (23,1)	124 (135)
Enero	22,1 (22,3)	18,2 (18,1)	31,3 (29,3)	24,8 (23,7)	80 (125)
Febrero	19,2 (20,2)	17,4 (16,8)	29,2 (28,2)	23,3 (22,2)	139 (104)
Marzo	18,6 (16,3)	14,4 (15,6)	27,7 (27,6)	21,1 (21,3)	50 (104)
Abril	11,6 (12,9)	11,8 (11,9)	23,4 (24,5)	17,6 (18,2)	24 (58)

La fertilidad del suelo al momento de la siembra (Tabla2) indica valores suficientes de P y S para lograr altos rendimientos (Barraco et al., 2014; Zamora, 2010). La oferta inicial de N, considerando una densidad aparente de 1,2 g/cm³, fue 104 kg/ha. No hay en la literatura reportes que indiquen rangos de suficiencia de N para la región central de Córdoba. No obstante, en Balcarce, Diovisalvi et al. (2016) estimaron un requerimiento de N en pre-siembra (N del suelo más el del fertilizante) del orden de 150 kg/ha para un rendimiento del orden de 4 tn/ha. Por lo que el valor N en el suelo (104 kg N/ha) encontrado al momento de la siembra en este experimento, sugiere alta probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada.

Tabla 2. Propiedades químicas del suelo al momento de la siembra del experimento. Materia orgánica del suelo (MOS), nitrógeno total (Nt), nitrógeno como nitratos (N-NO₃⁻), fósforo Bray (P Bray) y azufre como sulfatos (S-SO₄⁻).

Prof (cm)	MOS -----(%)------	Nt	N-NO ₃ ⁻ -----ppm-----	P Bray	S-SO ₄ ⁻
0-20	2,87	0,153	27,4	86	23
20-40			10,0		
40-60			6,1		

Fenología del cultivo

Las diferencias más importantes en la duración de las etapas fenológicas estuvieron a en el período de floración a madurez del cultivo (Tabla 3). Si bien existieron diferencias significativas en la etapa de emergencia a floración estas no fueron superiores a los 2 d. En la etapa de pos-floración los tratamientos 0+200 y 200+0 extendieron su período entre 3 a 4 d respecto a los tratamientos 0+0 y 200+200.

Tabla 3. Duración de las etapas fenológicas desde siembra a emergencia (S-E), de emergencia a R5.5 (E-F) y de R5.5 a R9 (F-M) para cada híbrido y tratamiento de fertilización.

Híbrido	Tratamiento	S-E	E-F	F-M
		------(días)-----		
MG360	0+0	7	57	49
	0+200	7	56	53
	200+0	7	55	54
	200+200	7	56	50
NTO 4.0	0+0	7	55	51
	0+200	7	54	55
	200+0	7	54	55
	200+200	7	54	52
MG360		7 a	56 a	52 b
NTO 4.0		7 a	54 b	53 a
	0+0	7 a	56 a	50 b
	0+200	7 a	55 b	54 a
	200+0	7 a	55 b	55 a
	200+200	7 a	55 b	51 b
Híbrido × Tratamiento		ns	ns	ns

Fracción de intercepción de la radiación

La evolución de la fracción de intercepción para cada genotipo y tratamiento se muestra en las Fig. 4. Puede observarse la característica típica de la especie, en donde desde estados muy tempranos se logra una alta captura de luz y luego de la floración se produce una caída importante como resultado de la senescencia foliar (Andrade, 1995).

La fertilización temprana (tratamientos 200+0 y 200+200) logró mayores valores de intercepción de radiación a partir de la emergencia del cultivo. En estos tratamientos, el porcentaje de intercepción superó el 90% alrededor de los 30 días después de emergencia, mientras que cuando se aplicó N de manera tardía, ese valor se alcanzó 10 días más tarde (Fig. 4). Luego de la floración, el tratamiento 0+200 sostuvo mayor intercepción que los tratamientos de aplicación temprana en ambos híbridos. La fracción de intercepción del tratamiento 0+0 fue similar hasta floración respecto del tratamiento 0+200, y a partir de ese estado se mantuvo por debajo respecto al resto de los tratamientos en ambos híbridos. La manera en que se produjo la senescencia foliar y por lo tanto la caída en la fracción de intercepción luego de la floración esta en concordancia con la duración desde R5.5 hasta R9 que se presenta en la Tabla 3. El tratamiento 0+200 y 200+0 fueron los de mayor duración de esta etapa, mientras que el tratamiento 0+0 la de menor. Llamativamente, 200+200 también redujo la duración de la etapa de pos-floración al nivel del tratamiento 0+0, posiblemente esto se deba a alteraciones de la relación fuente/destino.

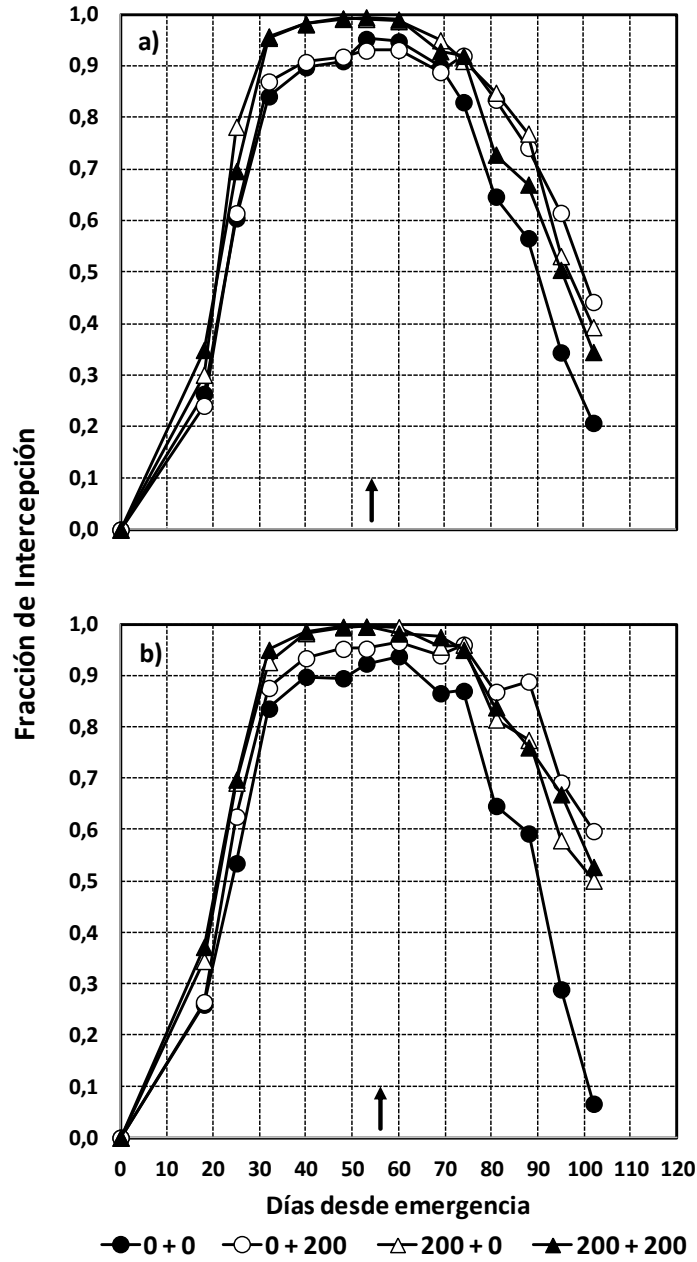


Fig. 4. Porcentaje de intercepción de RFA desde la emergencia del cultivo para cada uno de los tratamientos evaluados en el genotipo alto oleico NTO 4.0 (a) y MG360 (b). La flecha indica el momento de floración (R5.5).

Peso seco total del cultivo

En la Tabla 4 se muestra el peso seco total del cultivo a madurez fisiológica (PST) para cada tratamiento e híbrido evaluado. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el PST entre híbridos ($p < 0,05$) y entre dosis ($p < 0,05$) y la interacción híbrido \times dosis no fue significativa ($p = 0,4528$). El híbrido MG360 produjo un 17% más de PST que NTO 4.0. Por su parte, la aplicación temprana de nitrógeno tuvo una respuesta positiva en cuanto a la acumulación de materia seca por parte del cultivo. Los tratamientos 200+0 y 200+200 produjeron 31% más de PST respecto del promedio de los tratamientos 0+0 y 0+200 (Tabla 4). La producción de materia seca está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente, de la capacidad del cultivo para interceptarla y la eficiencia del mismo para transformarla en biomasa (Andrade et al., 1996). La interceptación de la radiación solar incidente que asegura las máximas tasas de crecimiento del cultivo, se logra cuando el índice de área foliar (IAF) alcanza el valor crítico, que permite captar cerca del 90% de la radiación incidente (Gardner et al., 1985; Varlet Grancher, 1982).

La IRFA acumulada durante el ciclo no difirió entre híbridos, y solo el tratamiento 0+0 tuvo menor IRFA que el resto de los tratamientos. La EUR fue un 16% más alta para MG360 respecto de NTO 4.0. Los tratamientos de aplicación temprana de N produjeron un incremento en la EUR del 22% respecto al promedio de los tratamientos 0+0 y 0+200. En ambos híbridos, el PST se asoció significativamente ($p < 0,05$) con la EUR ($R^2 = 0,89$ y $R^2 = 0,96$ para MG360 y NTO 4.0 respectivamente), y no se asoció significativamente con la IRFA ($p > 0,05$). La falta de respuesta en la IRFA frente a la aplicación de N podría deberse a características asociadas con la arquitectura foliar. Es conocido que este cultivo posee una alta plasticidad vegetativa y que el IAF crítico es mucho más bajo que en cultivos con arquitecturas de canopeo más erectófilas como el maíz (Andrade et al. 1995), por lo que los tratamientos con N seguramente lograron suficiente área foliar como para capturar similares cantidades de radiación solar. En el caso de los efectos

sobre la EUR, también se ha documentado que la deficiencia de N afecta la actividad fotosintética del cultivo, ya que este nutriente es un integrante importante de la clorofila (Connor y Sadras, 1992). Resultados similares fueron encontrados por Bange et al. (1997 a y b) y Escalante (1999).

Tabla 4. Peso seco total del cultivo en madurez (PST), radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada (IRFA) durante el ciclo, eficiencia en el uso de la radiación (EUR) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC) alrededor de floración para los tratamientos evaluados.

Híbrido	Tratamiento	PST (g m ⁻²)	IRFA (Mj m ⁻²)	EUR (g MJ ⁻¹)	TCC (g m ⁻² d ⁻¹)
MG360	0+0	1120	545	2,0	18,9
	0+200	1175	639	1,8	26,7
	200+0	1635	651	2,5	36,0
	200+200	1550	658	2,3	31,9
NTO4,0	0+0	929	559	1,6	21,8
	0+200	1170	594	2,0	20,1
	200+0	1355	643	2,1	31,9
	200+200	1232	627	2,0	30,4
MG360		1370 a	623 a	2,2 a	28,4 a
NTO4,0		1172 b	606 a	1,9 b	26,2 a
	0+0	1024 b	552 b	1,8 b	20,4 b
	0+200	1173 b	617 a	1,9 b	23,8 b
	200+0	1495 a	647 a	2,3 a	33,9 a
	200+200	1391 a	643 a	2,2 a	31,2 a
Híbrido × Tratamiento		ns	ns	ns	ns

En la Fig. 5 se muestra la acumulación de PST durante el ciclo del cultivo. Los tratamientos de aplicación de N a la siembra siempre produjeron mayor PST respecto a la aplicación en R5. Por su parte, la TCC, que involucra al período crítico del cultivo, fue mayor para los tratamientos que involucraron N aplicado a la

siembra y no se detectaron diferencias significativas en la TCC entre híbridos (Tabla 4). Cuando el N se aplicó a la siembra se produjo un aumento del 47% en la TCC.

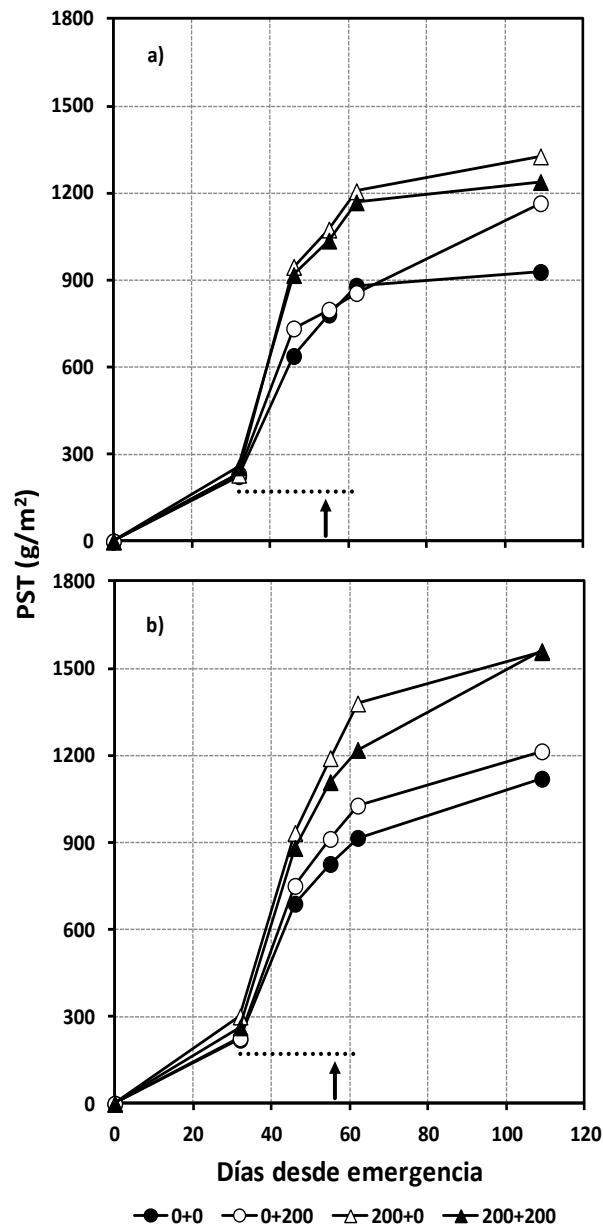


Fig. 5. Peso seco total del cultivo en función del tiempo desde la emergencia para el híbrido NTO 4.0 (a) y MG360 (b) y cada tratamiento. La flecha indica el momento de floración (R5.5) y la línea punteada el período para el cual se calculó la TCC que figura en Tabla 2.

Rendimiento y componentes numéricos

En la Tabla 5 se presenta el rendimiento y los componentes numéricos. No se detectaron interacciones significativas (Híbrido × Densidad) para ninguna de las variables evaluadas. El híbrido MG360 tuvo un RG un 27% mayor que NTO 4.0. Con respecto a los tratamientos de fertilización, el mayor RG se obtuvo con el tratamiento 200+0 y el menor con el tratamiento 0+0. La respuesta del RG promedio a través de los híbridos, del tratamiento 200+0 respecto a 0+0 fue de 102 g m^{-2} (Tabla 5).

El híbrido MG360 tuvo mayor NG y PG que NTO 4.0. La aplicación temprana de N mejoró significativamente el NG, pero no se encontraron diferencias entre tratamientos en el PG (Tabla 5). La respuesta positiva de NG y la nula respuesta de PG, debida a la fertilización nitrogenada, coincide con lo reportado por Ruffo et al., (2003) para dosis crecientes de N de 0 a 200 kg/ha en la localidad de Balcarce. Además la falta de respuesta de PG puede deberse a la típica capacidad del girasol de compensar un menor NG con más peso por grano (Andrade, 1995). Considerando ambos híbridos, el RG estuvo más asociado con el NG que con PG en ambos híbridos ($R^2 = 0,84$ y $R^2 = 0,66$ respectivamente; $p < 0,05$). La doble aplicación de N (200+200) no mejoró el NG respecto al tratamiento 200+0. En promedio a través de híbridos, los tratamientos de aplicación temprana (200+0 y 200+200) produjeron un 16% más de NG con respecto a los tratamientos 0+0 y 0+200. Estos resultados coinciden con el trabajo de Steer et al. (1984) que muestran que aplicaciones de N antes del estado fenológico de iniciación floral (R1) incrementaron el número de flores producidas por planta. La relación positiva entre la TCC y el NG (Fig. 6) es una evidencia de la mejora en las condiciones de crecimiento del cultivo ante aplicaciones tempranas de N, e indica una

mayor disponibilidad de asimilados para la fijación de granos a medida que se incrementa la oferta de N desde etapas tempranas del ciclo del cultivo.

Tabla 5. Rendimiento en Grano (RG), Numero de Granos (NG), Peso de Grano, Índice de Cosecha (IC), Porcentaje de ácidos grasos en grano (%Ac), Porcentaje de proteína en grano (%Prot) y Rendimiento de Aceite (R_{ac}) para los tratamientos evaluados durante dos campañas (2016/2017).

Híbrido	Tratamiento	RG (g m ⁻²)	NG (num m ⁻²)	PG (mg)	IC (%)	%Ac (%)	%Prot (%)	R _{ac} (g m ⁻²)
MG360	0	338	5086	66	30	45,2	15,1	152
	0+200	359	4921	73	29	42,5	18,4	152
	200+0	424	5696	74	26	40,3	22,4	178
	200+200	371	5274	70	24	40,9	22,5	152
NTO4,0	0	230	4026	57	24	40,7	16,2	93
	0+200	299	4192	71	25	38,5	23,9	114
	200+0	347	5294	65	25	38,1	23,6	132
	200+200	306	4911	62	24	36,9	22,3	112
MG360		375 a	5237 a	71 a	28 a	42,2 a	19,6 b	157 a
NTO4,0		296 b	4606 b	64 b	25 b	38,5 b	21,5 a	113 b
	0	284 c	4556 b	62 a	28 a	43,0 a	15,7 b	123 b
	0+200	323 b	4541 b	72 a	28 a	40,5 b	21,2 a	133 b
	200+0	386 a	5496 a	70 a	26 a	39,2 b	23,0 a	152 a
	200+200	339 b	5093 a	66 a	25 a	38,9 b	22,4 a	132 b
Híbrido × Tratamiento		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

La aplicación de N no modificó el IC. Solo se encontraron diferencias significativas en el IC entre genotipos (Tabla 5). Todos los tratamientos con aplicación de N redujeron el porcentaje de aceite e incrementaron el porcentaje de proteína de los frutos respecto del tratamiento 0+0. Esta respuesta

coincide con otros trabajos reportados en la literatura (Zheljazkov et al., 2008; Tonev, 2006; Montemurro y Giorgio, 2005; Valchovski, 2002; Connor y Sadras, 1992). Los valores de proteína también coinciden con el rango de variación reportado por López Pereira et al. (2000). El mayor rendimiento en aceite se obtuvo con el tratamiento 200+0. La falta de respuesta en el rendimiento en aceite del tratamiento 200+200 se debió a una caída mayor del porcentaje de aceite, el cual no pudo ser compensado por el mayor RG de este tratamiento respecto a los tratamientos sin aplicación temprana de N, este efecto fue mucho más marcado para el híbrido NTO 4.0 (Tabla 5). A pesar de la caída en el porcentaje de aceite con la fertilización nitrogenada, el R_{ac} se asoció más estrechamente con el RG ($R^2 = 0,91$; $p < 0,05$) que el R_{ac} con el %Ac ($R^2 = 0,21$; $p > 0,05$). Entonces, es razonable concluir que a mayor RG los productores obtendrán mayor rendimiento en aceite por hectárea.

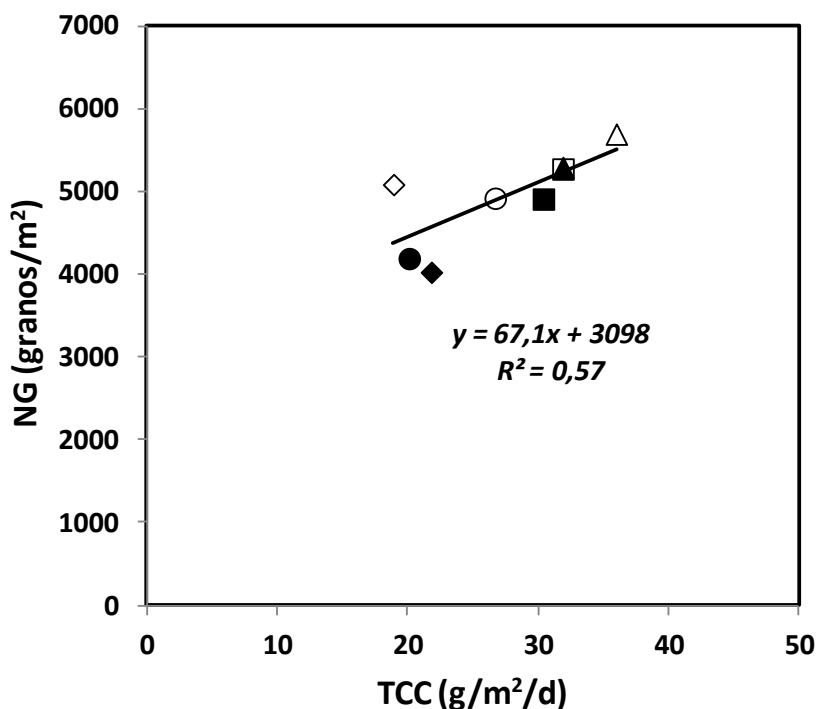


Fig. 6. Relación entre el número de granos por unidad de superficie (NG) y la tasa de crecimiento del

cultivo (TCC) entre los estados fenológicos R1 y R6. Los símbolos vacíos corresponden al híbrido MG360 y los llenos al híbrido NTO 4.0. Los rombos, círculos, triángulos y cuadrados corresponden a los tratamientos 0+0, 0+200, 200+0 y 200+200 respectivamente.

CONCLUSIONES

Los tratamientos de fertilización nitrogenada no afectaron sustancialmente la fenología del cultivo. Los mayores valores de peso seco del cultivo a madurez se obtuvieron cuando se aplicó N a la siembra (tratamientos 200+0 y 200+200), esta mayor producción de peso seco estuvo relacionada tanto a una mejora en la captura de luz como en la eficiencia de uso de la radiación. No obstante el peso seco total del cultivo a madurez dependió más de la EUR que de la captura de radiación. Por su parte, la tasa de crecimiento del cultivo entre R1 y R6 se asoció con el número de granos, resultando el tratamiento 200+0 el de mayor rendimiento. No se encontraron efectos de tratamientos sobre el peso por grano, siendo el número de granos el componente más asociado a las variaciones en el rendimiento. Estos resultados demuestran la mayor dependencia que posee el rendimiento del NG en siembras tardías. Todos los tratamientos de fertilización nitrogenada redujeron el porcentaje de aceite del grano, pero el mayor rendimiento obtenido en los tratamientos con aplicación temprana de N, produjeron el mayor rendimiento en aceite.

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos y a la hipótesis planteada en este trabajo, se concluye que en siembras tardías de girasol en la región central de Córdoba la fertilización temprana con N genera una respuesta positiva del rendimiento en aceite respecto a las aplicaciones en floración, a pesar de una reducción en el porcentaje de aceite del grano.

CONSIDERACIONES FINALES

Desde el punto de vista de la rentabilidad de la práctica de fertilización, y de acuerdo a los resultados analizados en el trabajo, la eficiencia agronómica de N (kg de grano producido por kg de N aplicado), calculada como la relación entre la respuesta en RG (diferencia con el tratamiento 0+0) y la cantidad de N aplicado, fue para el tratamiento 200+0 de 5,1 kg de grano por kg de N aplicado, estos valores son similares a los reportados por Montemurro y De Giorgi (2005). Considerando los valores actuales de precio del girasol (286 U\$S/tn) y los gastos de flete, cosecha y comercialización (20%), con respecto al valor de la urea (465 u\$S/tn), se necesitan cerca de 4 kg de girasol para pagar 1 kg de N. Esto refleja que la respuesta obtenida con el tratamiento de fertilización a la siembra se logra un margen positivo de rentabilidad.

Por otra parte, con el fin de abrir nuevas vías de investigación y realizar un análisis integral del impacto de la fertilización nitrogenada en el cultivo, en este trabajo se sientan las bases para realizar estudios futuros en relación al efecto de la dosis de N y el momento de aplicación sobre la composición de ácidos grasos del aceite. El estudio de los efectos del N sobre el perfil de ácidos grasos surge como una alternativa interesante en materiales con diferente estructura en el perfil de ácidos grasos como los estudiados en este trabajo (genotipo tradicional y alto oleico).

Del mismo modo, el estudio y calibración de métodos de diagnóstico para definir las necesidades de aplicación de N como el análisis del índice de verdor mediante la utilización de SPAD podría arrojar datos valiosos para definir estrategias de fertilización, complementado con la evaluación del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) de tal manera de evitar excesos en las dosis y producir efectos negativos sobre el ambiente por contaminación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece principalmente al Ingeniero Marcelo Cantarero por su acompañamiento, dedicación y consejos dados en este trabajo; a la Ingeniera Emilia Larrosa Koch por compartir los datos obtenidos del ensayo; a la Cátedra de Biología Celular, especialmente a María Paula Martin; al Ingeniero Ariel Rampoldi por su ayuda desinteresada y predisposición; como también a todos los alumnos de la Facultad de Agronomía que ayudaron en el ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirrezabal, L.A.N. y Pereyra, V.R.. 1998. Girasol. En: Aguirrezabal, L.A.N. y Andrade, F.H. Eds. "Calidad de productos agrícolas. Bases eco fisiológicas, genéticas y de manejo agronómico". Edición de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP) y de la Estación Experimental Balcarce del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, pp.139-192
- Aguirrezabal, L.A.N., Lavaud, Y., Dosio, G.A.A., Izquierdo, N.G., Andrade, F.H., González, L.M. 2003. Intercepted solar radiation effect during seed filling determines sunflower weight per seed and oil concentration. *Crop Sci.*, 43:152161.
- Aguirrezabal, L; Martre, P; Pereyra-Irujo, G; Echarte, MM and Izquierdo, N. 2015. Improving grain quality: ecophysiological and modelling tools to develop management and breeding strategies. In 'Crop physiology: applications for genetic improvement and agronomy'. 2nd edn (Eds VO Sadras, DF Calderini) pp. 423–465. (Academic Press: San Diego, CA, USA)
- Andrade, F.; Cirilo, A.; Uhart, S. y Otegui, M. 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Editorial La Barrosa. Buenos Aires.
- Andrade, F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Res.*, 41: 1-12.
- Andrade, F.H., V.O. Sadras, C.R.C. Vega, and L. Echarte. 2005. Physiological determinants of crop growth and yield in maize, sunflower and soybean. Their application to crop management, modeling and breeding. *J. Crop Improv.*, 14:51-101.
- AOAC. 2010. *Official methods of analysis of the AOAC (17th edition)*. Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Bange, M.P.; Hammer, G.L. and Rickert, K. G. 1997a. Effect of radiation environment on radiation use

- efficiency and growth of sunflower. *Crop Sci.*, 37: 1208-1214.
- Bange, M.P.; Hammer, G.L. and Rickert, K.G. 1997b. Effect of specific leaf nitrogen on radiation use efficiency and growth of sunflower. *Crop Sci.*, 37: 1201-1207.
- Barraco, M.; Díaz-Zprita, M.; Justo, C. and Lardone, A. 2014. ¿Fertilización fosfatada por suficiencia o restitución en secuencias agrícolas de la pampa arenosa?. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 16:8-12.
- Bolsa de comercio de Rosario. 2016. Estimación de producción. Publicado en Internet, disponible en: https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal_noticias.aspx?PIDNoticia=693
- Cantagallo, J. E., Chimenti, C. A., Hall, A. J. 1997. Number of seeds per unit area in sunflower correlates well with a photothermal quotient. *Crop Sci.*, 37:1780-1786.
- Chapman, S. C. & Edmeades, G. O. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations. II. Direct and correlated responses among secondary traits. *Crop Sci.*, 39:1315–1324.
- Connor, D.J. and Sadras, V.O. 1992. Physiology of yield expression in sunflower, *Field Crop Res.*, 30:333-389.
- de la Vega, A.J.; DeLacy, I.H. and Chapman, S.C. 2007. Progress over 20 years of sunflower breeding in central Argentina. *Field Crop Res.*, 100:61-72.
- Diovisalvi, N.; Reussi Calvo, N.; Divito, G.; Izquierdo, N. Echeverría, H.E. and García, F. 2010. Can we improve nitrogen management for sunflower?. *Better Crops*, 100():10-12.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dow AgroSciences, Catálogo de Semillas. 2013 Publicado en Internet, disponible en <http://www.daseragro.com.ar/imagenProductos/Catalogo%20Semillas%202013.pdf>

- Escalante Estrada, J. A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Revista Terra* 17(2):149-157.
- Gallo, K.P. and Daughtry, C.S.T. 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. *Agron. J.*, 78(4):752-756.
- Gardner, F.; Pearce. R. and Mitchell, R.L. 1985. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press, Ames, USA, pp: 66.
- Hall, A.; Feoli, C.; Ingaramo, J. y Balzarini, M. 2010. Proyecto brechas Asagir: Variación interzonal e interanual de las diferencias entre rendimientos de girasol alcanzables y logrados para el período 1999-2007. 5to Congreso Argentino de Girasol: con la mirada en la competitividad. Mod 2. pp 53-82.
- Holmes, M.R.J., 1980. *Methods of analysis for soils, plants and water*, Univ. California, Div. Agri. Sci., USA, 150-196.
- Jarsun B., Bosnero H., Bonaparte E., Vázquez F., Salas H., Conti H., Moschini R., Astrada R., 1987. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3163-26 Villa Del Rosario, serie Villa Del Rosario, complejo indiferenciado de suelos fluviales en capas Capilla De Los Remedios. Editorial Fundación Banco de la Provincia de Córdoba. Argentina, 43 pp.
- López Pereira, M.; Trápani, N and Sadras, V.O. 2000. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. Part III. Dry matter partitioning and grain composition. *Field Crop Res.*, 67:215-221.
- Montemurro, F. and De Giorgio, D. 2005. Quality and nitrogen use efficiency of sunflower grown at different nitrogen levels under Mediterranean conditions. *J. Plant Nutr.* 28:335–350.
- Morales Morales, E.J.; Morales-Rosales, E.J.; Díaz-López, E.; Cruz-Luna, A.J.; Medina-Arias, N. and Guerrero-De la Cruz, M. 2015. Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y

- urea de liberación lenta. *Agrociencia*, 49(2):163-76.
- Ozer, H.; Polat, T. and Ozturk, E.. 2004. Response of irrigated sunflower hybrids to nitrogen Fertilization: growth, yield and yield components. *Plant Soil Environ.*, 50: 205-211.
- Palmer, J.H. and Steer, B.T. 1985. The generative area as the site of floret initiation in sunflower capitulum and its integration to predict floret number. *Field Crops Res.*, 11, 1–12.
- Pascale, N. y De La Fuente, E. 1989. Generalidades sobre girasol, In *Producción de girasol*. Ed. by C. Saconi. Buenos Aires, AACREA. Cuadernos de Actualización. N° 40. p. 11-15.
- Ruffo, R.S.; García, F.O.; Bollero, G.A.; Fabrizzi, K. and Ruiz, R.A. 2003. Nitrogen balance approach to sunflower fertilization. *Communications in Soil Sci. Plant Analysis*. 34(17):2645-2657.
- Sadras, V.O. and Villalobos, F.J. 1994. Physiological characteristics related to yield improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: *Genetic improvement of Field Crops* (Gustavo A. Slafer ed.). Marcel Dekker, Inc. New York-Hong Kong, pp. 287-319.
- Schneiter, A. and Miller, J. F. 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Sci.*, 21:901-903.
- Sistema integrado de información agropecuaria (SIIA). 2017. Siembra, cosecha, producción y rendimiento. Publicado en Internet, disponible en: <http://www.sii.gov.ar/apps/siia/estimaciones/estima2.php>
- Steer B T and Hocking P J. 1983. Leaf and floret production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) as affected by nitrogen supply. *Ann. Bot.* 52, 267–278.
- Steer, B.T. and Hocking, P.J. 1984. Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.): acquisition and partitioning of dry matter and nitrogen in vegetative organs and their relationship to seed yield. *Field Crops Res.* 9, 237–251.

- Steer, B.T.; Hocking, P.J.; Kort, A.A.; Roxborough, C.M. 1984. Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.): yield components, the timing of their establishment and seeds characteristics in response to nitrogen supply. *Field Crops Res.* 9: 219-236
- Tonev, T. 2006. Oil yield in sunflower as affected by predecessor, previous-year and pre-sowing nitrogen rate. *Plant Science*.
- Valchovski, I. (2002). Influence of heavy rate of nitrogen fertilizer on oil content and fatty acid composition of different varieties and hybrids. *Rasteniev'dni Nauki* 39: 338–341. Influence of heavy rate of nitrogen fertilizer on oil content and fatty acid composition of different varieties and hybrids. *Rasteniev'dni Nauki* 39 (5/6): 338–341.
- Varlet-Grancher, C. 1982. Analyse du rendement de la conversion de l'énergie solaire par un couvert végétal. Thèse Doct. ès Sci. Nat., Univ. Paris-Sud, Orsay, 144 p.
- Vega, C.R.C.; Razquin, C.J.; Santillán Hatala, C.A. and Ogando, F.A. 2017. Marco conceptual para la interpretación ecofisiológica de la respuesta del maíz a la fecha de siembra. In: L. Borrás and S.A. Uhart (Ed.) *El mismo maíz, un nuevo desafío: Compendio primer congreso de maíz tardío*. Dow Agrosiences Argentina, San Isidro, AR.
- Zamora, M. 2010. Fertilización con nitrógeno y azufre en el cultivo de girasol bajo siembra directa. Publicado en Internet, disponible en:
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_fertilizacion_girasol_bajo_sd.pdf
- Zheljazkov, V.D.; Vick, B.A., Ebelhar, M.W.; Buehring, N.; Baldwin, B.; Astatkie, T. and Miller, J.F. 2008. Yield, oil content, and composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown at multiple locations in Mississippi. *Agron. J.* 100:635–642.
- Zheljazkov, V.D.; Vick, B.A.; Baldwin, B.S.; Buehring, N.; Astatkie, T. and Johnson, B. 2009. Oil content and

saturated fatty acids in sunflower as a function of planting date, nitrogen rate, and hybrid. *Agron. J.*, 101:1003-1011.

Zubillaga, M.M.; Aristi, J.P. and Lavado, R.S. 2002. Effect of phosphorus and nitrogen fertilization on sunflower nitrogen uptake and yield. *J. Agron. Crop Sci.*, 188: 267-274.