

## COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE SOJA CULTIVADOS EN SECANO Y BAJO RIEGO EN RÍO CUARTO (CÓRDOBA, ARGENTINA).

### 3. BALANCE Y EFICIENCIA DE USO DEL NITROGENO

GIAYETTO, O.<sup>1</sup>; CERIONI, G.A.<sup>1</sup>; FERNANDEZ, E.M.<sup>1</sup>; MORLA, F.D.<sup>1</sup>; ROSSO, M.B.<sup>1</sup> VIOLANTE, M.G.<sup>1</sup>; KEARNEY, M.I.T.<sup>1</sup>; ANDREO N.<sup>2</sup>; <sup>1</sup>Docentes investigadores Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina); <sup>2</sup> Estudiante de grado avanzado; [ogjayetto@ayv.unrc.edu.ar](mailto:ogjayetto@ayv.unrc.edu.ar)

El nitrógeno es, a nivel mundial, el nutriente fundamental y el que limita el rendimiento de la mayoría de los cultivos (CARLSSON & HUSS DANELL, 2003) en particular aquéllos de altos requerimientos como soja. Este cultivo acumula cantidades importantes de nitrógeno en el grano bajo la forma de proteína (38-60%); generando una demanda de alrededor de 80 kg N tn<sup>-1</sup> de grano producido. La provisión inicial del nutriente es aportada por el suelo en su forma mineral (N-NO<sub>3</sub>), ya que la fijación simbiótica (FBN) no comienza antes de, al menos, 10 ó 20 días de producida la infección de las bacterias (GUTIÉRREZ BOEM, 2008). Será a partir de R1 cuando el aporte de nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) se constituya en la fuente principal prolongándose hasta R5 (DIAZ ZORITA et al., 1999). Por ello, según BUTTERY et al. (1991) ambas fuentes de aporte de N pueden considerarse complementarias.

En Argentina, se han estimado aportes por FBN entre 26 y 71% (COLLINO et al., 2007; SALVAGIOTTI et al., 2008), señalándose que las siembras en condiciones de secano pueden afectar negativamente dicho aporte por tratarse de un proceso muy sensible a las deficiencias hídricas (SERRAJ et al., 1999).

Una metodología para estimar la FBN a partir de las variaciones en el contenido de N del sistema suelo-planta, resultante de cambios en las entradas y salidas del sistema, y de las transformaciones internas durante el ciclo del cultivo, es el balance de nitrógeno propuesto por CHOLAKY et al. (1986).

En tal sentido, objetivo de este trabajo fue calcular un balance de nitrógeno, estimar la FBN y establecer relaciones entre el aporte por simbiosis y el rendimiento en grano y sus componentes en diferentes cultivares de soja sembrados en secano y bajo riego en la región central de Argentina (provincia de Córdoba).

El estudio se realizó en los ciclos 2011/12 y 2012/13 (en adelante 2011 y 2012) en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, (33°06'12" LS, 64°17'55" LO y 421 msnm), en un suelo Hapludol típico de textura franca-arenosa fina. Los factores estudiados fueron: (i) la condición hídrica: secano y riego complementario por aspersión; y (ii) el genotipo: cultivares de los GM III, IV y V. El diseño experimental fue de parcelas subdivididas con tres repeticiones. Los cultivares fueron GM III: TJ2137, GM IV: TJ2146 (en ambos ciclos) y GM V: NA5009 y TJ2255exp. (en 2011 y 2012, respectivamente) sembrados el 2 y 8 de noviembre de cada ciclo en hileras a 0,52 m y una densidad de 30 pl m<sup>-2</sup>. Se minimizaron los efectos de malezas, plagas y enfermedades. Los tratamientos con riego, recibieron 350 y 150 mm en 2011 y 2012, respectivamente. Se registró diariamente la lluvia (mm) y temperatura del aire (°C).

La FBN se calculó con la ecuación propuesta por CHOLAKY et al. (1986):

$$FBN = N_c - [(N_{ss} - N_{sR8}) + N_{pp} + N_{min}]$$

donde:  $N_c$ : nitrógeno extraído por el cultivo a R8  
 $N_{ss}$ : nitrógeno en el suelo a la siembra (0-40 cm)  
 $N_{sR8}$ : nitrógeno en el suelo a la cosecha (R8)  
 $N_{pp}$ : nitrógeno aportado por las lluvias durante el ciclo del cultivo  
 $N_{min}$ : nitrógeno aportado por la mineralización de la materia orgánica

El N del suelo se obtuvo del análisis de muestras compuestas de las capas superiores (0-20 y 20-40 cm) del perfil a las que se les midió el contenido de MO (Walkey Black) y N-NO<sub>3</sub> (reducción por cadmio). La mineralización de la MO se calculó con el índice de 2,12% obtenido por CHOLAKY et al. (1986) en la misma área experimental de este trabajo. El aporte por precipitaciones se estimó según la relación de 2,5 ppm de N por mm (HARPAZ, 1975). El N extraído por el cultivo se obtuvo por el método Kjeldahl aplicado a muestras de plantas en R7 y R8 secadas en estufa con circulación forzada de aire a 40°C hasta peso constante. Luego, los valores de contenido de N medido en los diferentes órganos de la planta fueron afectados por sus respectivas biomásas.

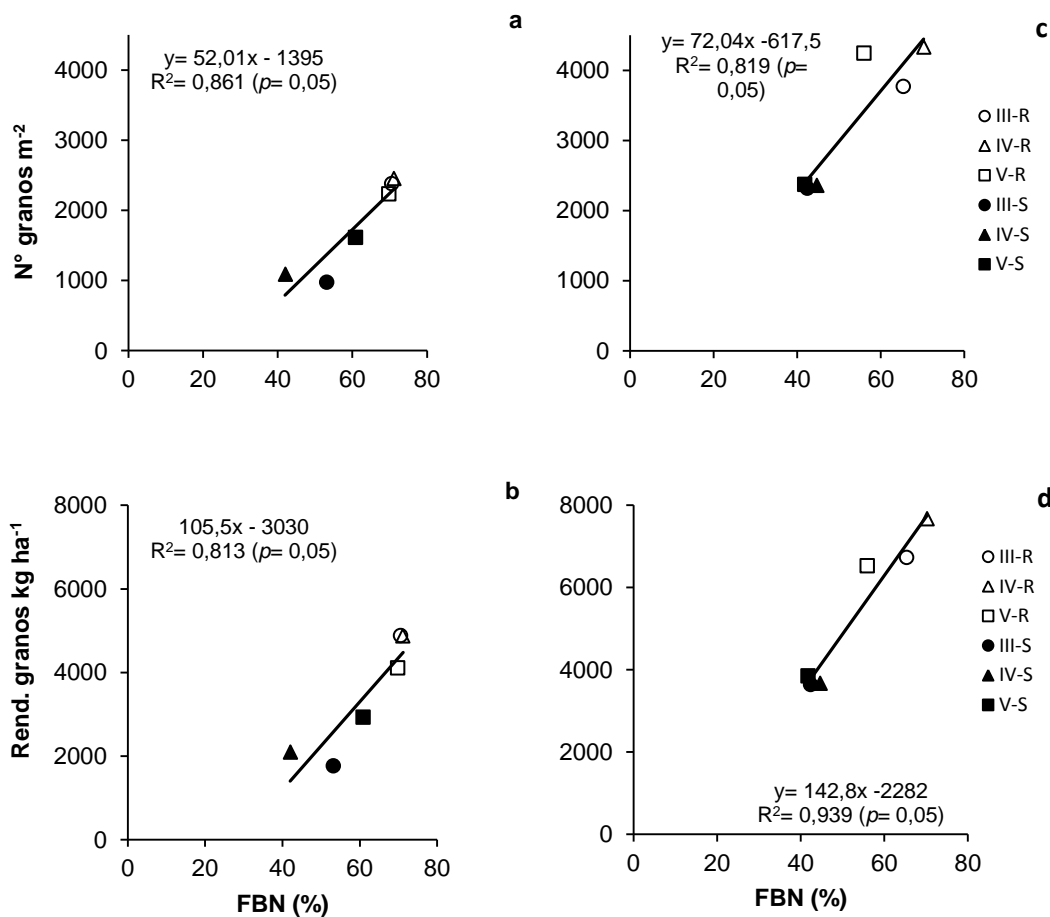
La tabla 1 muestra los resultados del balance de N para los cultivares de soja evaluados en ambas condiciones hídricas y ciclos. En promedio, el N disponible del suelo (diferencia entre los contenidos a la siembra y en cosecha) fue superior en 2011 con 60 kg ha<sup>-1</sup> vs 44 kg ha<sup>-1</sup> en 2012, y bajo riego (60 vs 45 kg ha<sup>-1</sup> en secano). A esas cifras se adicionaron los aportes por lluvias (entre 11,3 y 12,7 kg ha<sup>-1</sup>) y mineralización de la MO (~74 y ~100 kg ha<sup>-1</sup>) en 2011 y 2012, respectivamente. El cultivo extrajo y acumuló cantidades similares de N durante su ciclo en 2011 y 2012 (308 y 360 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente); pero mostró diferencia entre riego y secano (212 vs 175 kg ha<sup>-1</sup>). Finalmente, el aporte relativo de la FBN varió entre un mínimo de 21% (GM IV en secano ciclo 2011) y máximo de 70% para el mismo GM bajo riego en el 2012, los cuales se encuentran comprendidos en el rango de valores señalados en la literatura (COLLINO et al., 2007; SALVAGIOTTI et al., 2008). El análisis entre años, mostró resultados similares en el aporte de N por simbiosis, pero una marcada variación en respuesta a la condición hídrica (61-64% con riego vs 32-43% en secano), para 2011 y 2012, respectivamente.

**Tabla 1.** Balance relativo de nitrógeno (en kg ha<sup>-1</sup>) para los GM III, IV y V cultivados en secano y bajo riego durante las campañas 2011 y 2012

GM	Condición hídrica y ciclo	N en el suelo		Aportes de N		N extraído por el cultivo	FBN	Aporte de la FBN %
		a la siembra	a cosecha	lluvias	mineralización			
III	Riego 2011	109,2	33,7	11,3	74,5	419,7	258,5	61,5
IV		109,2	36,0	11,3	74,5	420,1	262,0	62,1
V		109,2	35,6	11,3	74,5	402,0	242,5	60,3
	Promedio	109,2	35,1	11,3	74,5	413,9	254,0	61,3
III	Secano 2011	109,2	80,6	11,3	74,5	163,3	49,0	29,9
IV		109,2	54,6	11,3	74,5	176,8	36,5	20,6
V		109,2	52,9	11,3	74,5	266,8	124,5	46,7
	Promedio	109,2	62,7	11,3	74,5	202,3	70,0	32,4
III	Riego 2012	86,1	40,1	11,6	100,2	456,9	299,1	65,4
IV		86,1	41,8	11,8	100,2	527,4	371,0	70,3
V		86,1	42,0	12,7	100,2	357,3	200,1	56,0
	Promedio	86,1	41,3	12,0	100,2	447,2	290,1	63,9
III	Secano 2012	86,1	42,8	11,6	100,2	269,6	114,5	42,4
IV		86,1	42,8	11,8	100,2	280,9	125,5	44,7
V		86,1	42,0	12,7	100,2	265,5	108,4	41,8
	Promedio	86,1	42,6	12,0	100,2	272,0	116,2	43,0

A nivel de cultivares, el comportamiento promedio fue similar en la condición hídrica no limitante (aporte relativo entre 62 y 66% para los tres GM), y ligeramente superior en el GM V (44%) respecto a los otros dos (34% de aporte promedio).

Tanto el número por superficie como el rendimiento en granos, se relacionaron linealmente con el N proporcionado por la simbiosis y expresado en forma relativa a la cantidad total del nutriente acumulado por el cultivo en cada ciclo, condición hídrica y cultivar (Figura 1). Estos resultados denotan la estrecha vinculación entre el componente directo y el rendimiento en granos.



**Figura 1.** Relaciones lineales entre el aporte relativo por fijación biológica de nitrógeno (FBN) el número de granos por superficie, y el rendimiento en granos para el ciclo 2011 (a y b) y 2012 (c y d), respectivamente. Símbolos llenos: seco y símbolos vacíos: riego.

El efecto de año se manifestó en la magnitud de los valores absolutos (menores en 2011), pero con estrecha similitud en el patrón de respuesta. La condición hídrica (seco y bajo riego) dominó a la respuesta genotípica con impactos poco diferenciados entre los grupos de madurez evaluados. La eficiencia de uso del nitrógeno (relación entre el rendimiento en grano y N absorbido por el cultivo), presentó tendencias leves a aumentar en respuesta a la condición hídrica (10,2 en seco y 15,8 bajo riego, al ciclo (11,2 en 2011 y 14,8 en 2012) y al GM de los cultivares evaluados (III: 12,7; IV: 12,8 y V: 13,5).