

Taller Soja, FBN y Balances de N

EEA INTA Oliveros - 11 Marzo 2016

Objetivo

Discutir aspectos de la nutrición nitrogenada en soja a la luz de las nuevas publicaciones en donde se ha estimado el aporte a nivel nacional, su implicancia en la elaboración de balances de N a nivel global, las limitantes y desafíos que esto genera, y por donde ir apuntando temas de investigación.

Antecedentes

Si bien en la literatura reciente hay numerosos aportes acerca de la contribución de la FBN a la nutrición nitrogenada del cultivo de soja (ver artículos en el sitio [Papers FBN y Fert Soja](#)¹) aún no existe un consenso acerca de i) cuales son los factores más relevantes que pueden afectar esta contribución de la FBN y, por lo tanto, como varia en distintos ecosistemas; ii) cuál es el aporte de la FBN en raíces y cómo esta valoración puede afectar la contribución de N al cultivo y al sistema; iii) cuál es el balance final de N de soja en el sistema y como cuantificarlo; y iv) existe algún espacio para el manejo del cultivo con el fin de complementar la nutrición nitrogenada en soja y sus efectos en rendimiento y calidad.

Las respuestas del cultivo a la fertilización nitrogenada son variables y, por lo tanto, la práctica no se recomienda. Sin embargo, se han planteado interrogantes acerca de la posible respuesta de soja a la fertilización nitrogenada en sistemas de alta producción. También existen interrogantes en cultivos sembrados en suelos de muy baja fertilidad química o en donde los factores ambientales no favorecen el proceso de la FBN.

Algunas conclusiones de las consignas/preguntas propuestas

1. *¿El conocimiento actual de la contribución de la FBN en soja es adecuado o necesitamos más evaluaciones?*
2. *¿Qué evaluaciones faltan? (Lugares, condiciones ambientales, otros)*

El consenso general es que el conocimiento actual no es suficiente, por lo que se necesitan mas evaluaciones. Se sugiere que las investigaciones futuras incorporen el análisis de los factores que las afectan, que se determinen efectos de ambiente (suelo, clima) y de manejo (variedades, manejo del cultivo, fertilización, etc.).

Existe la necesidad de contar con información más clara acerca de la contribución de FBN en zonas extra-pampeanas y nuevos ambientes marginales de la región pampeana ingresados recientemente a la agricultura cuya característica principal es la inestabilidad en los rendimientos y suelos de baja fertilidad potencial. Se destacó la falta de recursos humanos en estas regiones. Asimismo, se destacó la necesidad de contar con datos en situaciones de estrés del cultivo.

Se discutió acerca del cultivo de referencia para medir abundancia de ¹⁵N (soja no nodulante, maíz, sorgo, malezas), y se sugirió realizar evaluaciones de posibles cultivos testigo y de revisar la literatura existente al respecto.

¹ <https://www.ipni.net/ipniweb/pub/pub-lacs.nsf/0/9F584B9B51F8C75C03257F470050909A>



No sería recomendable medir ureidos, sino que debería hacerse por abundancia natural de ^{15}N , tanto para escala de detalle como a campo.

Un aspecto relevante sería la utilización y evaluación de herramientas de simulación a través de modelado. Se destaca la necesidad de ajustar coeficientes, por ej. en el modelo CROPGRO, actualmente es necesario ingresar como cero el valor de NO_3^- en el suelo para simular FBN.

Acción sugerida

Plantear un protocolo común de evaluación de FBN con requisitos mínimos de datos e información. Fernando Salvagiotti centralizaría estas tareas, proponiendo una serie de datos mínimos y circulando el protocolo entre los participantes. Finalmente el protocolo se haría disponible en Google Cloud o incluso a través de alguna publicación.

Nacira Muñoz realizara una revisión sobre los cultivos de referencia para medir la abundancia de ^{15}N . FS y DC podrían tener un avance de la validación del CROPGRO en los próximos meses.

3. ¿Podemos trabajar en una nueva revisión que actualice a Salvagiotti et al. (2008)?

Si, es muy importante actualizar la revisión incluyendo la FBN en el contexto global, metodología, factores que la controlan, y limitantes. Gabriel Santachiara (Becario UNR) esta realizando una revisión sobre factores de manejo que afectan la FBN.

Fernando S. planteo un trabajo conjunto con Ignacio Ciampitti en la actualización de dicha revisión

Acción sugerida

Gabriel S. y Fernando S. informaran de sus avances.

4. ¿Los balances de N en soja son neutros, positivos o negativos? ¿qué nos falta saber? ¿Cómo podemos verificarlo en lotes de producción?

Incógnita, hay variabilidad en los datos reportados y no hay información de raíces (ver pregunta 5). Sin raíces el resultado es muy negativo pero con las raíces podría ser neutro, es un cambio de paradigma. Analizando secuencias, si el balance es neutro, ¿por qué los indicadores de suelo dan negativo? ¿Hacia dónde va ese N que falta? ¿Es más susceptible a pérdidas?.

Para el balance de N debería tomarse en cuenta también otro tipo de balance mas allá del cultivo y tener en cuenta la secuencia.

5. ¿Cuáles son las limitantes para cuantificar los aportes de las estructuras subterráneas? ¿Cuál sería la mejor forma de hacerlo? ¿Qué priorizar?

La partición de N a raíces, la rizodeposición y su aporte al balance de N son las grandes incógnitas. Una alternativa es evaluar raíces en condiciones controladas y generar coeficientes/relaciones que puedan ser usadas en el campo para estimar este aporte.



En invernadero, el N derivado de FBN es el mismo en parte aérea y raíces(sin considerar los nódulos en R4). ¿Se podría asumir esta relación para simulación? Y en condiciones de campo?

Medir partición de N a lo largo del cultivo en órganos de la planta bajo condiciones controladas.

Generar y validar modelos. Se podrían generar modelos alométricos raíz/parte aérea para en el futuro hacer estimaciones.

Profundidad de muestreo. Una alternativa sería proponer al estándar generado para balances de C que se estima 0-30cm. Esto seguiría de forma aproximada la estratificación de la distribución de biomasa de raíces. Sin embargo, dejaría dos incógnitas: i) ¿cuánto de la rizodeposición se omite dada la profundidad que pueden alcanzar las raíces?; y ii) ¿es significativo el aporte de los nódulos más profundos?

Momento de muestreo. ¿Cuándo sería el mejor momento para muestrear raíces? ¿R7? ¿Qué antecedentes hay?

Acción sugerida

Revisión de crecimiento y desarrollo de raíces en soja (Esteban Kehoe (becario CONICET), FS y GR). Generar un protocolo para determinar raíces, nódulos, rizodeposición y dinámica de agua. Gerardo Rubio propondrá el protocolo de muestreo de raíces.

6. ¿En qué situaciones podríamos esperar respuesta a la fertilización nitrogenada en soja?

7. ¿Sojas de +6000 kg/ha necesitan aportes de N por fertilización? ¿Cuánto N, en que momento?

Fertilizar solamente con problemas de nodulación en lotes nuevos. Es frecuente que fallas de inoculación surjan del mal manejo del inoculante o de condiciones ambientales extremas (estrés hídrico y/o térmico).

Si en V3 no hay nódulos. Habrá que revisar la inoculación en lotes que no nodulan: falta de protectores, calidad de inoculantes, mal manejo de la inoculación, etc.

No hay evidencias de respuesta a fertilización para altos rendimientos, o al menos muy pocas. Hay que maximizar el uso del N fijado, ¿el cultivo no lo aprovecha por cuestiones de manejo? El problema es tener las situaciones experimentales (i.e. soja de 6000 kg ha⁻¹) para poder comprobar la hipótesis de respuesta a la fertilización con N en altos rendimientos.

¿Qué pasa con la calidad en altos y bajos rendimientos? Hay caídas de proteína con altos niveles de rendimiento y consumo de lujo con bajo rendimiento. ¿Cómo influyen la FBN y la redistribución de N en la planta? ¿Como se dispara el fin de la FBN, señal? Discusión acerca de calidad en situaciones de alto rendimiento. Importancia de removilización de N y su relación con la dilución del N en granos. Efecto de la nutrición con P (y otros factores abióticos) como limitantes para FBN. ¿El umbral de P para FBN es más alto que para rendimiento? No hay información publicada al respecto ¿Se puede armar una futura red para evaluar esto? ¿Es necesario? ¿Alguien ya cuenta con este tipo de información?

8. ¿Existen desde el punto de vista de la fisiología de la planta mecanismos que puedan ser potenciados para mejorar el % de FBN? ¿Cuáles? ¿Cuánto más? ¿A qué escala?

Se discutieron varios aspectos desde la fisiología y genética que pueden aportar innovaciones interesantes en este campo:



- Senescencia de nódulos ante estrés hídrico/térmico,
- QTLs para FBN, muchos asociados a producción de biomasa. Herramienta para el mejoramiento.
- Se estudia la vía de producción del óxido nítrico como posible vía de reducir la inhibición por NO₃. Bacterias que tienen secuencias más incompletas de esta vía, serían potencialmente menos inhibidas por la presencia del NO₃.
- Las limitantes que tendría la FBN en región pampeana para potenciar la FBN serían los niveles de NO₃ (producto de la mineralización de la materia orgánica) y los bajos niveles de P y probablemente micronutrientes como Zn y B

9. ¿Existen desde el punto de vista de la bacteria (y la interacción bacteria-planta) mecanismos para mejorar el % de FBN? ¿Cuáles? ¿Cuánto más? ¿a qué escala?

Buscar seleccionar bacterias de baja producción de óxido nítrico, adaptadas a estrés. Aplicar tecnologías de manejo de inoculantes probadas. desarrollo de protectores bacterianos para ambientes extremos o problemas de manejo,

Se debe conocer lo que hay en el inoculante, cepas y números. Actualmente los marbetes no son detallados en este aspecto.

La FBN estaría más controlada por la planta que por la bacteria. Las plantas tienden a nodular sin discriminar y probablemente mantienen más nódulos de los necesarios, pocos nódulos activos son los que cubren la demanda.

10. ¿Existe alguna forma que se pueda diagnosticar (o ir relevando) el estado de la FBN en los cultivos?

Peso de nódulos es el indicador más confiable. Color (deberían ser de color rojo) de nódulos en V3.

11. ¿Otras consignas?

Acción sugerida

Se propone generar una red de evaluación de FBN en ensayos ya establecidos que evalúen rotaciones, manejo de cultivos, fertilización, etc. Para estas evaluaciones se utilizaría el protocolo de pregunta 1. Importante definir la planta a utilizar como referencia y si existe la posibilidad de utilizar el suelo (Revisión de bibliografía de este tema a cargo de Nacira Muñoz). Algunas experiencias de estimar en secuencias en INTA. Protocolo a cargo de Fernando S.



Participantes

Nombre	Institución	Área trabajo	Correo electrónico
Fernando Salvagiotti	EEA INTA Oliveros	Fertilidad de suelos y Ecofisiología de cultivos	salvagiotti.fernando@inta.gob.ar
Juan Enrico	EEA INTA Oliveros	Ecofisiología de cultivos	enrico.juan@inta.gob.ar
Silvina Bacigaluppo	EEA INTA Oliveros	Fertilidad de suelos y Ecofisiología de cultivos	bacigaluppo.silvina@inta.gob.ar
Esteban Kehoe	EEA INTA Oliveros	Fertilidad de suelos y Ecofisiología de cultivos	esteban_kehoe@hotmail.com
Alejandro Perticari	INTA Castelar	Microbiología	perticari.alejandro@inta.gob.ar
Carlos Piccinetti	INTA Castelar	Microbiología	piccinetti.carlos@inta.gob.ar
Daniel Collino	INTA IFFIVE	Fisiología de cultivos	collino.daniel@inta.gob.ar
Ramiro Lazcano	INTA IFFIVE	Fisiología de cultivos	lascano.ramiro@inta.gob.ar
Mariana Melchiorre	INTA IFFIVE	Fisiología de cultivos	melchiorre.mariana@inta.gob.ar
Nacira Muñoz	INTA IFFIVE	Fisiología de cultivos	munioz.nacira@inta.gob.ar
Octavio Caviglia	INTA Paraná	Ecofisiología de cultivos	caviglia.octavio@inta.gob.ar
Paola Ecclesia	INTA Paraná	Ecofisiología de cultivos	
Leonardo Coll	INTA Paraná	Ecofisiología de cultivos	coll.leonardo@inta.gob.ar
Vicente Gudelj	INTA Marcos Juárez	Fertilidad de suelos	gudelj.vicente@inta.gob.ar
José Rotundo	FCA-UNR	Ecofisiología de cultivos	rotundo.jose@gmail.com
Gabriel Santachiara	FCA-UNR	Ecofisiología de cultivos	
Flavio Gutiérrez Boem	FAUBA-INBA	Fertilidad de suelos	gutierre@agro.uba.ar
Gerardo Rubio	FAUBA-INBA	Fertilidad de suelos	rubio@agro.uba.ar
Gustavo González Anta	Rizobacter	Microbiología	gganta@rizobacter.com.ar
Manuel Bermúdez	Monsanto	Microbiología	manuel.bermudez@monsantobioag.com
Adrian Correndo	IPNI	Fertilidad de suelos	acorrendo@ipni.net
Fernando García	IPN	Fertilidad de suelos	fgarcia@ipni.net
Martin Díaz Zorita	Monsanto	Microbiología	martin.diaz.zorita@monsantobioag.com
Juan Pablo Monzón	CONICET-INTA-FCA Balcarce	Ecofisiología de cultivos	monzon.jp@gmail.com monzon.juanpablo@inta.gob.ar



Referencias

- Bodrero, M.L.; Salvagiotti, F.; Enrico, J.M.; Méndez, J.M and Trentino, N. 2003. Fertilización nitrogenada en Soja de Primera. Efecto del momento y forma de aplicación del nitrógeno. Soja. EEA INTA Oliveros. pp. 116-118.
- Collino D.; de Luca M.; Peticari A.; Urquiaga Caballero S., and R. Racca. 2009. Áreas homogéneas de aporte de nitrógeno por FBN, en la región sojera argentina. Actas RELAR, Cuba.
- Collino D.; Salvagiotti F.; Peticari A.; Pccinetti C.; Ovando G.; Urquiaga S., and R. Racca. 2015. Biological nitrogen fixation in soybean in Argentina: relationships with crop, soil, and meteorological factors. *Plant Soil* 392:239–252.
- Delayev U.A. 2012. The effectiveness of growing of various soybeans ecotypes in cropping systems in the Ciscaucasus region as resulted from the intensified symbiotic and photosynthetic activity. Postdoc Thesis, Makhachkala, Russia. 37 p. (In Russian).
- Di Ciocco C., C. Coviella, E. Penón, M. Díaz-Zorita and S. López. 2008. Biological fixation of nitrogen and N balance in soybean crops in the pampas region. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(1), 114-119.
- Gan, Y., I. Stulen, H. van Keulen, and P.J.C. Kuiper. 2003. Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N₂ fixation and yield of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes. *Field Crops Res.* 80:147–155. doi:10.1016/S0378-4290(02)00171-5
- Gelfand I. and P. Robertson. 2015. A reassessment of the contribution of soybean biological N fixation to reactive N in the environment. *Biogeochemistry* DOI 10.1007/s10533-014-0061-4
- Gutiérrez-Boem, F.H., J.D. Scheiner, H. Rimski-Korsakov, and R. Lavado. 2004. Late season nitrogen fertilization of soybeans: Effects on leaf senescence, yield and environment. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 68:109– 115. doi:10.1023/B:FRES.0000019040.02605.ee
- Herridge D, Peoples M, Boddey R (2008) Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant Soil* 311:1–18
- Hungria, M., Franchini, J. C., Campo, R. J., Crispino, C. C., Moraes, J. Z., Sibaldelli, R. N. R., Mendes, I. C. and Arihara, J. 2006. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. *Can. J. Plant Sci.* 86: 927–939.
- Keyser H. H., and F. Li. 1992. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean *Plant and Soil*, 141: 119-135. 1992.
- Rochester, I.J., People, M.B., Constable, G.A., Gault, R.R., 1998. Faba beans and other legumes add nitrogen to irrigated cotton cropping systems. *Aust. J. Exp. Res.* 38, 253–260.
- Sanginga N, Okogun J, Vanlauwe B, Dashiell K (2002). The contribution of nitrogen by promiscuous soybeans to maize based cropping the moist savanna of Nigeria. *Plant and Soil* 241:223–231
- Salvagiotti F, Cassman KG, Specht JE, Walters DT, Weiss A, Dobermann A (2008) Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. *Field Crop Res* 108:1–13
- Salvagiotti F, Specht JE, Cassman KG, Walters DT, Weiss A, Dobermann A (2009) Growth and nitrogen fixation in highyielding soybean: impact of nitrogen fertilization. *Agron J* 101:958–970
- Schweiger, P., M. Hofer, J. Vollmann, and W. Wanek. 2014. *Physiol. Plant.* 152:546-557.
- Wesley, T.L., R.E. Lamond, V.L. Martin, and S.R. Duncan. 1998. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. *J. Prod. Agric.* 11:331–336. doi:10.2134/jpa1998.0331
- Unkovich MJ, Pate JS (2000) An appraisal of recent field measurements of symbiotic N₂ fixation by annual legumes. *Field Crop Res* 65:211–228
- Wingeyer A. B., H. Echeverría, and H. Sainz Rozas. 2014. Growth and Yield of Irrigated and Rainfed Soybean with Late Nitrogen Fertilization. *Agron. J.* 106:567–576.
- Zingore S., H. K. Murwira, R. J. Delve, and K. E. Gillers. 2008. Variable grain legume yields, responses to phosphorus and rotational effects on maize across soil fertility gradients on African smallholder farms. *Nutr Cycl Agroecosyst* 80:1-18.



