



CONTENIDO

Pág.

Es posible caracterizar el estado del nitrógeno con el medidor de clorofila en maíz que presente deficiencia de azufre? 1

Manejo de la nutrición del cultivo de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) en las zonas de producción de la región amazónica y noroccidente de Pichincha 8

Manejo de fósforo en sistemas de producción agrícola ambientalmente sostenibles: Desafíos y oportunidades 15

Emisiones de amoníaco de operaciones agrícolas 24

Reporte de Investigación Reciente 28

- Mejoramiento de la fertilización nitrogenada en arroz mediante manejo por sitio específico
- Estimación de los requerimientos de absorción de nutrientes en maíz
- Efecto de la aplicación de fertilizantes en la fotosíntesis y rendimiento de aceite de *Jatropha curcas* L.

Cursos y Simposios 29

Publicaciones Disponibles 30

Editores: **Dr. José Espinosa**
Dr. Raúl Jaramillo

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor



Misión: Desarrollar y promover la información científica sobre el manejo responsable de la nutrición de las plantas para beneficio de la humanidad

ES POSIBLE CARACTERIZAR EL ESTADO DEL NITROGENO CON EL MEDIDOR DE CLOROFILA EN MAÍZ QUE PRESENTE DEFICIENCIA DE AZUFRE?

Agustín Pagani, Hernán E. Echeverría, Fernando H. Andrade y
Hernán R. Sainz Rozas*

Introducción

El nitrógeno (N) es un nutriente fundamental en la producción de maíz debido a que es uno de los nutrientes determinantes en la acumulación de rendimiento (Uhart y Andrade, 1995). Se han desarrollado numerosos métodos de diagnóstico del contenido de N basados en análisis del suelo (Uhart y Echeverría, 2002) o de material vegetal (Sainz Rozas et al., 2001). Si bien los primeros son aceptables en el diagnóstico de los requerimientos de N, los métodos que utilizan material vegetal presentan la ventaja de integrar factores climáticos, edáficos del sitio y factores propios del cultivo (Echeverría y Sainz Rozas, 2005). Los análisis que se conducen en material vegetal se basan en la determinación de alguna forma de N dentro de la planta. Una alternativa a estos métodos es el empleo de instrumentos portátiles que cuantifican la intensidad de color verde de las hojas, lo que elimina el proceso de toma y procesamiento de la muestra y el análisis en el laboratorio. La intensidad de color verde de la hoja está relacionada con el contenido de clorofila, el que a su vez se asocia con la concentración de N foliar (Wolfe et al., 1988). El instrumento más utilizado es el medidor de clorofila Minolta SPAD 502® que determina el índice de verdor (IV). El empleo de esta herramienta ha sido de utilidad en numerosos cultivos, especialmente en estadios avanzados de desarrollo (Blackmer y Schepers, 1995; Sainz Rozas y Echeverría, 1998).

En la práctica, es necesario relativizar las lecturas absolutas de IV logradas con este instrumento debido a la diferente coloración de los genotipos de maíz y a las diferentes condiciones ambientales que pueden influir en la coloración del tejido de las hojas (Schepers et al., 1992; Jemison y Litle, 1996). Para evitar estas interferencias es necesario establecer un área dentro del lote donde el N no sea limitante que sirva de referencia del máximo valor de IV, lo que permite relativizar las lecturas absolutas a través del índice de suficiencia de nitrógeno (ISN).

Por otra parte, se ha detectado la existencia de deficiencia de azufre (S) en el norte y noreste de la Región Pampeana en Argentina en algunos cultivos (Martínez y Cordone, 1998; Ventimiglia, 2005), hecho que se hizo evidente

* Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce, CC 720 - (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Correo Electrónico: paganiagustin@hotmail.com

en los últimos años en el trigo en el sudeste Bonaerense (Reussi Calvo et al., 2006). Si bien no se había encontrado una respuesta generalizada en rendimiento a la aplicación de S en maíz (Echeverría, 2002), recientemente Pagani et al. (2009) reportaron moderadas respuestas a su aplicación. La deficiencia de S provoca un leve amarillamiento de las hojas, lo que probablemente cambie las lecturas de IV y, por lo tanto, la interacción N / S podría derivar en situaciones que no hagan viable el empleo del ISN para determinar el estado de N del cultivo. Sin embargo, no se han encontrado trabajos de investigación que hayan evaluado la utilidad de este índice cuando el N y S se encuentran en niveles limitantes.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la utilidad del ISN y de un nuevo índice, también basado en la intensidad de color verde de las hojas, para detectar deficiencia de N en el cultivo de maíz en presencia de una deficiencia de S.

Materiales y métodos

Se realizaron cuatro experimentos en dos localidades de la Región Pampeana Argentina durante las campañas 2005-06, 2006-07 y 2007-08. En la campaña 2005-06 se empleó un experimento de larga duración en la Estación Experimental INTA de Balcarce en adelante denominado Balcarce I (Bce I), mientras que en la campaña 2006-07 se realizaron dos experimentos, uno en el mismo sitio denominado Balcarce II (Bce II) y otro en la localidad de 9 de Julio denominado 9 de Julio I (9dJ I). Durante la campaña 2007-08 se condujo un cuarto experimento en 9 de Julio, en adelante denominado 9 de Julio II (9dJ II). Los experimentos se realizaron en los siguientes suelos: Bce I y Bce II en un Argiudol típico, 9dJ I en un Hapludol típico y 9dJ II en un Hapludol. Algunas características de los suelos de los tres experimentos a la siembra del maíz se presentan en la **Tabla 1**. Todos los ensayos fueron fertilizados con 20-30 kg ha⁻¹ de fósforo (P), asegurando una elevada disponibilidad. Las fuentes de N, P y S fueron urea granulada (46-0-0), superfosfato triple (0-20-0) y sulfato de calcio (20 % S, 16 % Ca), respectivamente.

En Bce I se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. El arreglo fue en parcelas divididas, en donde la parcela principal fueron

dos sistemas de labranza, convencional (LC) y directa (SD), y la subparcela cuatro tratamientos de fertilización. Estos últimos fueron: testigo (T), azufre (S), nitrógeno (N) y nitrógeno más azufre (NS). Se agregó N y S en cantidades no limitantes (N: 150 kg ha⁻¹ y S: 15 kg ha⁻¹). En Bce II, 9dJ I y 9dJ II, el sistema de labranza utilizado fue SD y se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados (tres repeticiones) con un arreglo factorial de los tratamientos. Los factores utilizados fueron N, con niveles de 0, 50 y 100 kg ha⁻¹ para Bce II y 0, 60, 120 kg ha⁻¹ para 9dJ I y 9dJ II y S, con niveles de 0, 8 y 16 kg ha⁻¹ para Bce I y 9dJ I y 0, 5, 10 y 20 kg ha⁻¹ para 9dJ II (**Tabla 2**).

Se realizaron determinaciones del IV (30 lecturas por parcela) con el medidor de clorofila Minolta SPAD 502® a los 51, 55, 62, 71 y 76 días después de la emergencia (DDE) en Bce I (V7, V8, V11, V13 y V15, respectivamente); 40, 56, 65, 70, 79 y 91 DDE en Bce II (V5, V8, V12, V13, V16 y R2, respectivamente); 26, 33, 50, 55, 66 y 76 DDE en 9dJ I (V5, V6, V11, V13, V18 y R2, respectivamente); y 37, 43, 56, 63, 73 y 80 DDE en 9dJ II (V6, V7, V11, V14, V18 y R2, respectivamente). Las determinaciones del IV se realizaron en la última hoja completamente expandida, aproximadamente a la mitad de la distancia entre el tallo y el ápice y a la mitad de la distancia entre el borde de la hoja y la nervadura central (Blackmer y Schepers, 1995). El ISN se calculó de la siguiente manera:

$$ISN = IV_{lote} / IV_{max}$$

donde:

- IV_{lote} : IV de los tratamientos donde N es eventualmente limitante.
- IV_{max} : IV de los tratamientos donde N no es limitante.

Un nuevo índice de N, denominado índice de verdor relativo (IVR) se calculó de la siguiente manera:

$$IVR = IV_{lote} / IV_{NS}$$

donde:

- IV_{lote} : IV de los tratamientos donde N es eventualmente limitante.
- IV_{max} : IV de los tratamientos donde N o S no son limitantes.

Tabla 1. Características de los suelos de los sitios experimentales.

	MO %	pH 1:2.5	P mg kg ⁻¹	N-NO ₃ ⁻ kg ha ⁻¹ a 60 cm	S-SO ₄ ²⁻ kg ha ⁻¹ a 60 cm
Bce I	5.3	5.9	19.8	66	36
Bce II	5.3	5.3	8.0	88	31
9dJ I	2.8	6.3	9.0	52	38
9dJ II	2.3	6.4	18.1	61	30

Se determinó el rendimiento en grano expresado a 14 % de humedad. Se calculó el rendimiento relativo de nitrógeno (RRN) de la siguiente manera:

$$RRN = Rto_{lote} / Rto_{max}$$

donde:

Rto_{lote} : Rendimiento de los tratamientos donde N es eventualmente limitante.

Rto_{max} : Rendimiento de los tratamientos donde N no es limitante.

Además, se calculó el rendimiento relativo de nitrógeno-azufre (RR NS) de la siguiente manera:

$$RR\ NS = Rto_{lote} / Rto_{NS}$$

donde:

Rto_{lote} : Rendimiento de los tratamientos donde N es eventualmente limitante.

Rto_{max} : Rendimiento de los tratamientos donde N y S no son limitante.

El RRN y el ISN, así como el RR NS y el IVR se calcularon de manera análoga, es decir que los mismos tratamientos fueron utilizados como denominadores de ambos pares de índices.

Se realizaron análisis de varianza y de regresión lineal simple utilizando los procedimientos GLM y REG, respectivamente, incluidos en las rutinas del programa Statistical Analysis System. Cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas, se empleó la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD). Para la comparación entre dos medias y entre dos rectas de regresión, se utilizó la prueba de comparación de medias (t de Student) y el análisis de coincidencia y paralelismo, respectivamente (SAS Institute, 1996). En todos los análisis realizados se utilizó un nivel de significancia del 5 %.

Resultados y discusión

Evolución de las precipitaciones

En Bce I y 9dJ I, las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo de maíz tuvieron una adecuada distribución, totalizando 490 y 594 mm, respectivamente, por lo que la disponibilidad de agua no habría limitado en forma significativa el crecimiento del cultivo. Por su parte, en Bce II y 9dJ II, las precipitaciones totales alcanzaron 522 y 453 mm, pero con una inadecuada distribución, ya que las lluvias no fueron abundantes alrededor de la floración, situación que condicionó el rendimiento en ambos experimentos.

Rendimiento de grano

No se observó efecto a la interacción de N x S sobre los rendimientos de ninguno de los cuatro experimentos. En

Tabla 2. Rendimiento de grano de los cuatro experimentos en función del sistema de labranza y la adición de N y S (Bce I) y de la aplicación de N y S (Bce II, 9dJ I y 9dJ II). Letras iguales indican diferencias no significativas.

Labranza	----- Tratamientos -----		Rendimiento
	N	S	
	----- kg ha ⁻¹ -----		
Bce I			
SD	0	0	8 064 d
	0	15	9 026 cd
	150	0	10 286 b
LC	150	15	10 635 b
	0	0	9 817 c
	0	15	9 642 c
	150	0	11 418 a
	150	15	11 872 a
Bce II			
	0	0	8 234 d
		8	8 185 d
		16	8 772 bc
	50	0	8 410 c
		8	8 991 b
		16	8 998 b
	100	0	8 482 c
		8	9 386 a
		16	9 383 a
9dJ I			
	0	0	9 742 d
		8	9 869 d
		16	9 998 d
	60	0	12 307 c
		8	12 455 c
		16	12 483 c
	120	0	13 929 b
		8	14 732 a
		16	15 399 a
9dJ II			
	0	0	5 501 f
		5	6 490 ef
		10	6 701 de
		20	6 467 ef
	60	0	7 300 cde
		5	7 858 c
		10	7 786 cd
		20	7 975 c
	120	0	9 467 b
		5	9 544 ab
		10	10 183 ab
		20	10 606 a

general, los resultados de este trabajo en términos de rendimiento coinciden con los obtenidos en el norte de la Provincia de Buenos Aires por Ferraris y Couretot (2006).

En Bce I se registró un efecto significativo del sistema de labranza ($p < 0.01$), siendo mayores los rendimientos bajo LC que bajo SD (Tabla 2), resultados que coinciden con los de Domínguez et al. (2001). El efecto del N sobre los rendimientos fue el de mayor importancia ($p < 0.01$), con una respuesta promedio de $1\ 916\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ (Tabla 2), indicando que este nutriente es el que limitó en mayor medida el crecimiento del cultivo. Con respecto al S, si bien la respuesta no fue significativa ($p < 0.22$), se observó un incremento promedio del rendimiento (a través de los sistemas de labranza) de $400\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ por la adición de dicho nutriente (Tabla 2).

En Bce II, las reducidas precipitaciones alrededor del período crítico de floración limitaron el rendimiento. Sin embargo, se registró un efecto significativo de N y S ($p < 0.01$) siendo las respuestas medias de 382 y $682\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ para la adición de 50 y $100\ \text{kg}\ \text{N}\ \text{ha}^{-1}$, respectivamente y de 499 y $697\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ para el agregado de 8 y $16\ \text{kg}\ \text{S}\ \text{ha}^{-1}$, respectivamente (Tabla 2). Las respuestas de magnitud similar a N y S se explicarían por la relativamente alta disponibilidad de N y por la baja disponibilidad de S en el suelo (Tabla 1).

En 9dJ I se determinó un efecto significativo de ambos nutrientes ($p < 0.01$), siendo las respuestas medias de $2\ 545$ y $4\ 817\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ a la aplicación de 60 y $120\ \text{kg}\ \text{N}\ \text{ha}^{-1}$, respectivamente, y de 360 y $624\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ a la adición de 8 y $16\ \text{kg}\ \text{S}\ \text{ha}^{-1}$, respectivamente (Tabla 2). Los incrementos de rendimiento debidos a la adición de S coinciden con los reportados por otros autores en la Región Pampeana Norte (Fontanetto et al., 2000). Si bien en este experimento no se observó efecto de interacción de N x S ($p = 0.11$), se evidenció una clara tendencia de aumento de rendimiento en la mayor dosis de N con la adición de S (804 y $1\ 471\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ para las dosis de 8 y $16\ \text{kg}\ \text{S}\ \text{ha}^{-1}$, respectivamente), hecho que no ocurrió en los otros dos niveles de N.

En 9dJ II se determinó un efecto significativo de ambos nutrientes ($p < 0.01$), con las respuestas medias de $1\ 440$ y $3\ 661\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ a la aplicación de 60 y $120\ \text{kg}\ \text{N}\ \text{ha}^{-1}$, respectivamente, y de 541 , 800 y $926\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ a la adición de 5 , 10 y $20\ \text{kg}\ \text{S}\ \text{ha}^{-1}$, respectivamente (Tabla 2).

La razón de no haber encontrado respuesta a la interacción de N x S probablemente se deba a las moderadas deficiencias de N y S que se presentaron, sobre todo en Bce I y Bce II. Cuando se incrementa el nivel de las deficiencias, como ocurrió en 9dJ I, se evidenciaron indicios de interacción entre ambos nutrientes ($p = 0.11$).

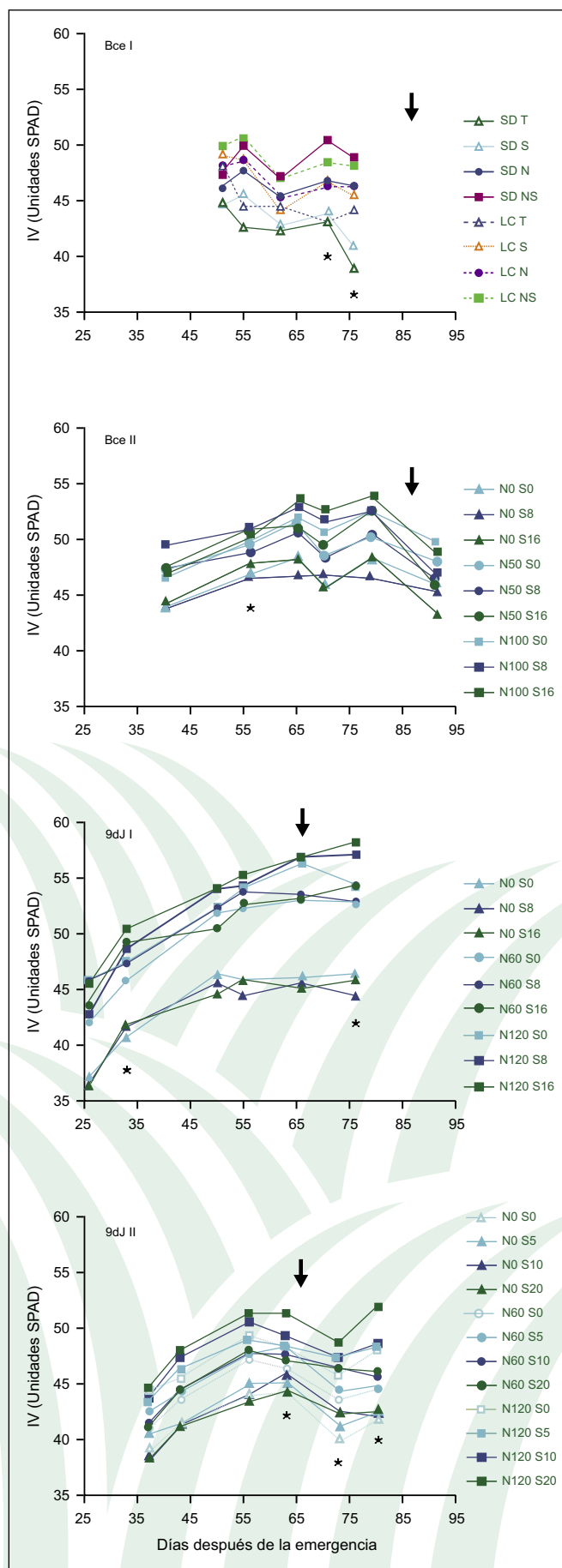


Figura 1. Evolución del índice de verdor (IV) a través del ciclo del cultivo para los cuatro experimentos, las flechas indican los momentos de floración y los asteriscos, efecto significativo de S.

Indice de verdor

En Bce I se encontró interacción de N x labranza ($p < 0.05$) en el IV en las dos últimas épocas de determinación. Los tratamientos sin N mostraron mayores IV en LC que en SD con valores de 45.7 y 43 unidades SPAD, respectivamente (promedio de todas las determinaciones), mientras que los tratamientos con N no mostraron diferencias entre LC y SD con 47.7 y 47.5 unidades SPAD, respectivamente (**Figura 1**). El IV de los tratamientos con N fue generalmente mayor al de los tratamientos sin este nutriente (promedio de 47.6 y 44.4 unidades SPAD, respectivamente). Estos valores concuerdan con los reportados por Blackmer y Schepers (1995) y Sainz Rozas y Echeverría (1998). No se encontró interacción de N x S pero la aplicación de S incrementó el IV ($p < 0.05$) determinado a los 71 y 76 DDE (**Figura 1**).

En Bce II, la adición de N incrementó el IV ($p < 0.05$) en todas las épocas de determinación con lecturas promedio de 46.2, 49.0 y 50.5 unidades SPAD para 0, 50, y 100 kg N ha⁻¹, respectivamente. No se encontró interacción de N x S en ninguna de la épocas de determinación. Se observó efecto del S a los 56 DDE con lecturas promedio de 48.6, 48.4 y 49.4 unidades SPAD para las dosis de 0, 8, y 16 kg S ha⁻¹, respectivamente (**Figura 1**).

El N incrementó el IV ($p < 0.05$) en todas las épocas de determinación en 9dJ I con lecturas promedio de 43.3, 49.9 y 52.4 unidades SPAD para dosis de 0, 60 y 120 kg N ha⁻¹, respectivamente (**Figura 1**). No se observó interacción de N x S pero el S incrementó el IV a los 33 y 76 DDE ($p < 0.05$) (**Figura 1**).

En 9dJ II se observaron incrementos significativos ($p < 0.05$) del IV en todas las épocas de determinación como respuesta a la adición de N con lecturas promedio de 42.1, 45.0 y 47.5 unidades SPAD para dosis de 0, 60 y 120 kg N ha⁻¹, respectivamente y en las últimas tres épocas de aplicación de S ($p < 0.05$). Sólo se observó interacción significativa de N x S ($p < 0.02$) a los 63 DDE (**Figura 1**).

Relación entre IV y rendimiento

En Bce I se observaron relaciones lineales y positivas entre el rendimiento y el IV ($p < 0.01$) (datos no mostrados). Los coeficientes de determinación de las regresiones fueron 0.47, 0.72, 0.79, 0.51 y 0.82 para las épocas de 51, 55, 62, 71 y 76 DDE, respectivamente. Estos resultados coinciden con los reportados por Blackmer y Schepers (1995) y Sainz Rozas y Echeverría (1998), quienes atribuyen el bajo valor predictivo del IV en estados tempranos del ciclo de maíz las bajas temperaturas ambientales que generalmente se registran durante las primeras fases del ciclo del cultivo limitando

Tabla 3. Índice de suficiencia de N (ISN), índice de verdor relativo (IVR) y valor p para cada época de determinación de IV para los cuatro experimentos.

Indice	Días después de la emergencia					
	Bce I					
	51	55	62	71	76	-
ISN	0.98	0.98	0.99	0.98	0.95	-
IVR	0.95	0.93	0.96	0.90	0.91	-
valor p	0.10	0.13	0.11	0.001	0.10	-
	Bce II					
	40	56	65	70	79	91
ISN	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.94
IVR	0.93	0.96	0.96	0.95	0.96	1.00
valor p	0.01	0.11	0.35	0.42	0.58	0.15
	9dJ I					
	26	33	50	55	66	76
ISN	0.90	0.97	0.95	0.94	0.92	0.95
IVR	0.91	0.91	0.93	0.91	0.91	0.89
valor p	0.45	0.10	0.24	0.19	0.43	0.20
	9dJ II					
	37	43	56	63	73	80
ISN	0.89	0.91	0.90	0.92	0.88	0.88
IVR	0.89	0.87	0.87	0.86	0.83	0.81
valor p	0.51	0.23	0.19	0.03	0.05	0.02

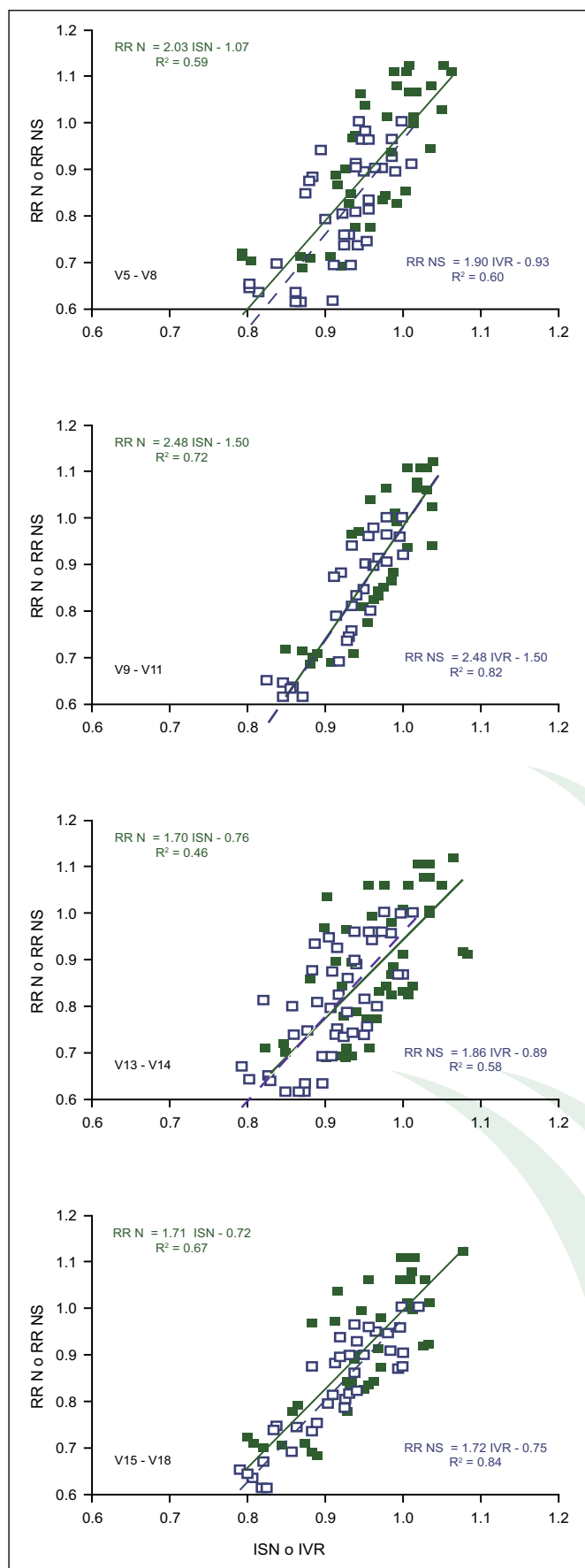


Figura 2. Relación entre el rendimiento relativo de nitrógeno (RR N) y el ISN (cuadrados verdes, línea continua), y el rendimiento relativo de nitrógeno-azufre (RR NS) y el IVR (cuadrados azules, línea discontinua) para distintas épocas de determinación. Datos de los cuatro experimentos.

la síntesis de clorofila (Dwyer et al., 1991) y en los aportes tardíos de N por mineralización.

En Bce II, la regresión entre las lecturas de IV y el rendimiento fue significativa ($p < 0.03$) para todas las épocas de determinación, a excepción de la última (91 DDE). Los coeficientes de determinación de las regresiones lineales fueron 0.52, 0.55, 0.50, 0.50, 0.55 y 0.10 para las mediciones de IV hechas a los 40, 56, 65, 70, 79 y 91 DDE, respectivamente. En este experimento se observó que los valores de R^2 no mejoraron a medida que avanzó el ciclo del cultivo, lo que se explicaría por el marcado déficit hídrico que sufrió el cultivo a partir de 80 DDE.

En la localidad 9 de Julio, se encontró una muy estrecha asociación entre el IV y el rendimiento en todas las épocas de medición ($p < 0.01$). Los coeficientes de determinación de las regresiones lineales en 9dJ I fueron 0.88, 0.83, 0.92, 0.88, 0.95 y 0.94 para las mediciones de IV a los 26, 33, 50, 55, 66 y 76 DDE, respectivamente, y en 9dJ II de 0.84, 0.91, 0.89, 0.88, 0.87 y 0.93 para los 37, 43, 56, 63, 73, 80 DDE, respectivamente. Estos valores difieren de los reportados por Ferrari et al. (2000), quienes trabajando en el centro-norte de la Provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe, no encontraron relaciones entre las lecturas del medidor de clorofila y el rendimiento del maíz en épocas tempranas del ciclo y en etapas posteriores encontraron ajustes de menor magnitud a los aquí presentados. Estos elevados R^2 pueden deberse en primer lugar a las adecuadas condiciones hídricas que se registraron durante todo el ciclo del cultivo y a que la localidad 9 de Julio presenta, generalmente, mayores temperaturas que las registradas en Balcarce, sobre todo en los primeros etapas del cultivo. Además, el estrés por N que se presentó en los experimentos de la localidad 9 de Julio fue de mayor magnitud en comparación con los otros dos sitios de Balcarce, lo que permitió que los rangos de IV y de rendimientos sean mayores en 9 de Julio. Esta característica también contribuyó al mejor valor explicativo de la segunda variable en función de la primera.

Comparación de índices

Con el objetivo de determinar si el efecto del S sobre el IV es lo suficientemente importante como para alterar el ISN, se empleó la prueba de comparación de medias (test t de Student) entre el ISN y el IVR. El IVR es un nuevo índice propuesto para ser utilizado en situaciones en las que se supone que podrían existir deficiencias de S. La **Tabla 3** muestra que los valores de IVR tendieron a ser menores que los de ISN para la mayoría de épocas de determinación. El promedio de todas las épocas de determinación fue 5, 2, 3 y 4 % menor para Bce I, Bce II, 9dJ I y 9dJ II, respectivamente. Estos resultados son consecuencia de los mayores valores de IV observados en los tratamientos con N y S en comparación con los tratamientos con solamente N.

Para visualizar las diferencias entre el ISN y el IVR, se tomaron los valores de los cuatro experimentos y se agruparon por intervalos de momentos de muestreo: V5-V8, V9-V11, V13-V14 y V15-V18. En la **Figura 2** se presenta la relación entre los rendimientos relativos (RR N y RR NS) y los dos índices de verdor (ISN e IVR). Se observa que las líneas de regresión resultantes de la utilización de ambos índices son coincidentes para todas las épocas de determinación (no existe diferencia significativa en las pendientes ni en el intercepto) ($p=0.86$). Sin embargo, el IVR se ubica en la parte inferior de las líneas de regresión, mientras que el ISN en la parte superior. Lo anterior indica que el N no fue el único nutriente determinante de la intensidad de color verde del tejido de las hojas, no obstante, la falta de interacción con S permitiría utilizar el ISN como metodología de diagnóstico aún en situaciones donde existe deficiencia de S, condición bajo la cual no se maximizan los rendimientos del cultivo ni la intensidad de color verde de las hojas (**Figura 2**).

Conclusión

Una moderada deficiencia de S no afectó la capacidad ISN, calculado de las lecturas del medidor de clorofila, para caracterizar la deficiencia de N en maíz. No se percibieron ventajas significativas por la utilización de un nuevo índice (IVR) ya que este se relacionó de la misma manera que el ISN con el rendimiento relativo. Sería pertinente repetir esta experiencia en suelos con mayor estrés de S para confirmar estos resultados.

Bibliografía

- Blackmer, T.M., and J.S. Schepers. 1995. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *J. Prod. Agric.* 8:56-60.
- Domínguez, G.F., G.A. Studdert, H.E. Echeverría y F.H. Andrade. 2001. Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada de maíz. *Cien. Suelo* 19:47-56.
- Dwyer, L.M., M. Tollenaar, and L. Houwing. 1991. A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn. *Can. J. Plant Sci.* 71: 505-509.
- Echeverría, H.E. 2002. Exploración de deficiencias de azufre en sistemas productivos del sudeste bonaerense. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. *Boletín Técnico* N° 156. 19 p.
- Echeverría, H.E. y H.R. Sainz Rozas. 2005. Maíz. p. 255-282. En: H.E. Echeverría y F.O. García (ed.) *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Ferrari, M., J. Ostojic, L. Venimiglia, H. Carta, G. Ferraris, S. Rillo, M.R.L. de Galeto, F. Rimatori y M.V. Bernasconi. 2000. Predicción de la respuesta de maíz a la fertilización nitrogenada a través de indicadores de suelo y planta al estado de seis hojas. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, XVII, Mar del Plata (Buenos Aires), Argentina [CD-ROM]. 11-14 Apr. 2000. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo Publ., Mar del Plata (Buenos Aires), Argentina.
- Ferraris, G.N. y L.A. Couretot. 2006. Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno y fechas de aplicación y su interacción con azufre usando Fuentes líquidas en el norte de Buenos Aires. p. 70-73. En: *Maíz en siembra directa*. Revista técnica de la Asociación de productores en siembra directa. Ago. 2006.
- Fontanetto, H., O. Keller, R. Inwinkelried, N. Citroni y F.O. García. 2000. Phosphorus and Sulfur Fertilization of Corn in the Northern Pampas. *Better Crops* 14:1-5.
- Jemison, J.M., and D.E. Litle. 1996. Field evaluation of two nitrogen testing methods in Maine. *J. Prod. Agric.* 9:108-113.
- Martínez, F. y G. Cordone. 1998. Resultados de ensayos de fertilización azufrada en soja. Para Mejorar la Producción N° 8. E.E.A. Oliveros INTA.
- Pagani, A., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas. 2009. Respuesta a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en diferentes ambientes de la provincia de Buenos Aires. *Cien. Suelo* 27(1):21-29.
- Reussi Calvo, N.I., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas. 2006. Respuesta del cultivo de trigo al agregado de azufre en el sudeste bonaerense. *Cien. Suelo* 24: 77-87.
- Sainz Rozas, H.R. y H.E. Echeverría. 1998. Relación entre lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en diferentes estados del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 103:37-44.
- Sainz Rozas, H.R., H.E. Echeverría, E. Herfuth y G.A. Studdert. 2001. Nitratos en la base de tallos en maíz. II Diagnóstico de la nutrición nitrogenada. *Cien. Suelo.* 19:125-135.
- SAS Institute. 1996. User's guide. Statistics. Version 6. SAS Inst., Cary, NC.
- Schepers, J.S., T.M. Blackmer, and D.D. Francis. 1992. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: using chlorophyll meters. p. 105-114. En: B.R. Bock y K.R. Kelley (ed.) *Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions*. Natl. Fert. Environ. Res. Cent., TVA, Muscle Shoals, AL.
- Uhart, S.A. and F.H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Sci.* 35:1376-1383.
- Uhart, S.A. y H.E. Echeverría. 2002. Diagnóstico de la fertilización. p. 239-272. En: F.H. Andrade y V.O. Sadras (ed.) *Bases para el manejo de maíz girasol y soja*. INTA Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina.
- Ventimiglia, L.A. 2005. Nutrición de cultivos en el centro de la Provincia de Buenos Aires. En: *Simposio Fertilidad 2005, Rosario (Santa Fé), Argentina.* 27-28 Apr. 2005. INPOFOS y Fertilizar Asociación Civil Publ., Rosario (Santa Fé), Argentina.
- Wolfe, D.W., D.W. Henderson, T.C. Hsiao, and A. Alvino. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agron. J.* 80: 865-870. ❖