

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO, AZUFRE Y ZINC EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ

CAMPAÑA 2014/15

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris¹ y Juan Urrutia²

INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino 2. Bunge Argentina SA
ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La intensificación de la agricultura y la falta de rotaciones con pasturas han producido una notable disminución de los niveles de MO de los suelos de la región pampeana, los que en algunas zonas representan solo el 50% del nivel original (Lavado, 2006). Esto junto con la escasa o nula reposición de microelementos podría generar carencias de diferentes nutrientes.

En la Región Pampeana Argentina, son extendidas las deficiencias de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), especialmente en cultivos exigentes como maíz, y en fechas de siembra temprana donde las bajas temperaturas, escasa humedad y el tiempo de barbecho limitan la mineralización. El Zinc (Zn) es uno de los trece elementos considerados esenciales (Marschner, 1992). Su función principal es la de activador enzimático, catalizando innumerables reacciones en procesos metabólicos como la respiración, la síntesis de clorofila y proteínas. Es además precursor del triptófano y el ácido indol acético (Fancelli, 2006). La deficiencia se asocia con la presencia de suelos arenosos de baja CIC, primaveras frías y dosis elevadas de fertilizante fosforado en la línea de siembra, al presentar un antagonismo a nivel de superficie radicular con este elemento (Scheid López, 2006). Se identifica por la aparición de bandas longitudinales blanquecinas. En casos severos, pueden aparecer plantas más pequeñas, entrenudos cortos y agrupamiento de hojas formando una roseta en la porción terminal (Fancelli, 2006). El cultivo de maíz presenta requerimientos totales de Zn que casi duplican al de los restantes cultivos, siendo la especie que ha mostrado respuestas positivas a su agregado con mayor frecuencia. De este modo, el Zn en el área de estudio se ubica como el cuarto elemento en importancia para la nutrición del maíz, luego de N, P y S.

El objetivo de este trabajo de investigación es evaluar el efecto sobre los rendimientos y otros parámetros de cultivo de la aplicación de N, S y Zn. Hipotetizamos que los tres elementos se encuentran en concentración insuficiente en los suelos, y por este motivo los cultivos responden de manera aditiva a su aplicación

Palabras clave: *maíz, nutrición, fertilizantes líquidos, aplicaciones al suelo.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Se implantaron dos experimentos de campo en las localidades de Wheelwright, Santa Fe, sobre un suelo Serie Hughes, Argiudol típico, (USDA- Soil Taxonomy V. 2006), capacidad de uso: I; IP=100, y Pergamino, Buenos Aires, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico, (USDA- Soil Taxonomy V. 2006), capacidad de uso: I-2; IP=85. El ensayo de Wheelwright fue sembrado el día 20 de Octubre en SD, con el cultivar Arvales 2155 HxRR. Por su parte, el ensayo Pergamino se sembró el día 18 de Diciembre, y fue espaciado a 0,525 m entre hileras, a una densidad de 70000 pl/ha. El cultivar elegido fue SPS 2721 TDTG.

El diseño de los ensayos correspondió a bloques completos al azar con 4 repeticiones y 4 tratamientos. Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con igual dosis de NPS. Los tratamientos se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos de fertilización evaluados en el ensayo. Wheelwright, Santa Fe. Campaña 2014/15.

	Curasemillas	Fuente	Dosis
T1	Testigo		-----
T2	N (s)	UAN (32-0-0)	Nitrógeno 100 kg ha ⁻¹
T3	NS (s)	Sol Mix (0-28-0-5,2 S)	Nitrógeno 100 kg ha ⁻¹ Azufre 20 kg ha ⁻¹
T4	NSZn (s)	Sol Mix Zn (0-28-0-5,2 S – 1Zn)	Nitrógeno 100 kg ha ⁻¹ Azufre 20 kg ha ⁻¹ Zinc 1,5 kg ha ⁻¹

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra

Bloque	Prof. (cm)	MO (%)	pH	Ntotal	Nan ppm	N- NO3 ppm	N-NO3 kg/ha 0-60	P-Bray	S-SO4	K ppm	Mg	Ca	Zn
Wheelwright	0-20	2,66	5,6	0,133	31,8	23,7	95,1	13,2	8,4	391	210	1719	0,77
Santa Fe	20-40					8,6							
Temprano	40-60					4,3							
Pergamino	0-20	3,36	5,5	0,168	34,7	25,3	125,8	21,3	7,9	860	155	1307	1,15
INTA	20-40					15,4							
Tardío	40-60					7,7							

En el estado de V7 se cuantificó la biomasa acumulada, y la intensidad de verde mediante Green seeker. A la floración (R2) se midió el número de hojas fotosintéticamente activas, el vigor, cobertura e intensidad de verde medida por Minolta Spad. A cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

RESULTADOS

Descripción climática de la campaña

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q) para Pergamino. Por su parte, en la Figura 3 se comparan las temperaturas máximas de este ciclo con la anterior campaña. Las precipitaciones fueron favorables y bien distribuidas (Figura 1), acompañadas de temperaturas moderadas (Figuras 2 y 3). No se registraron excesos hídricos, siendo las lluvias algo inferiores a las de otras localidades de la región como Rojas o Pergamino (datos no presentados). Las condiciones de luminosidad fueron favorables, originando un cociente fototermal (Q) medio (11 dic-10 ene) de 1,70, en comparación con 1,35 de la campaña anterior (Figura 2).

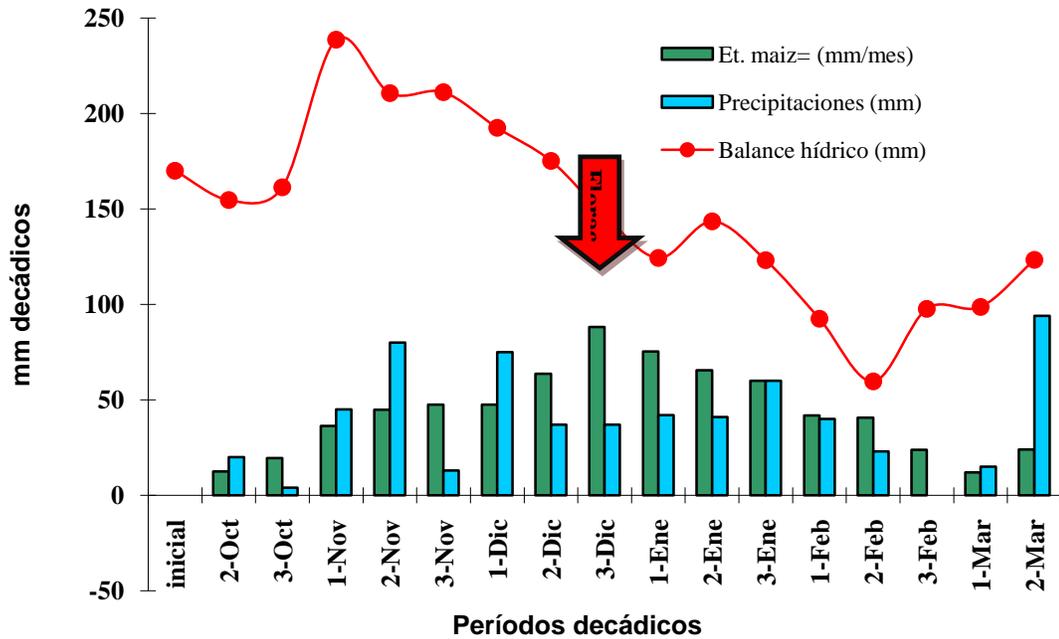


Figura 1.a

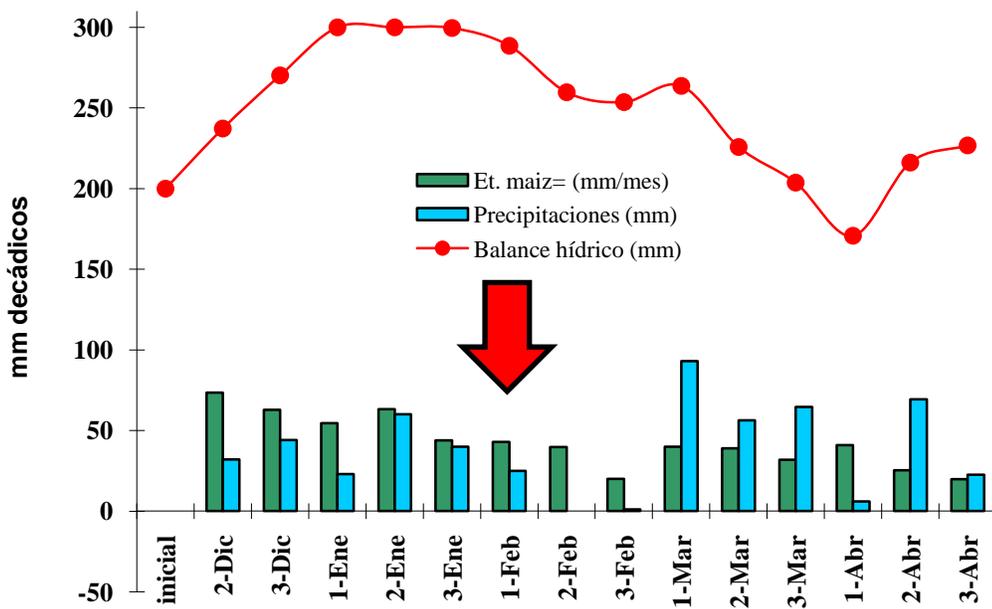


Figura 1.b

Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en el sitio experimental. a) Wheelwright, Santa Fe, Campaña 2014/15. Agua disponible inicial en el suelo (200 cm) 170mm. Precipitaciones totales en el ciclo 629mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 0 mm. b) Pergamino. Agua disponible inicial en el suelo (200 cm) 200mm. Precipitaciones totales en el ciclo 674mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 0 mm. En ambas fechas, la flecha indica la floración.

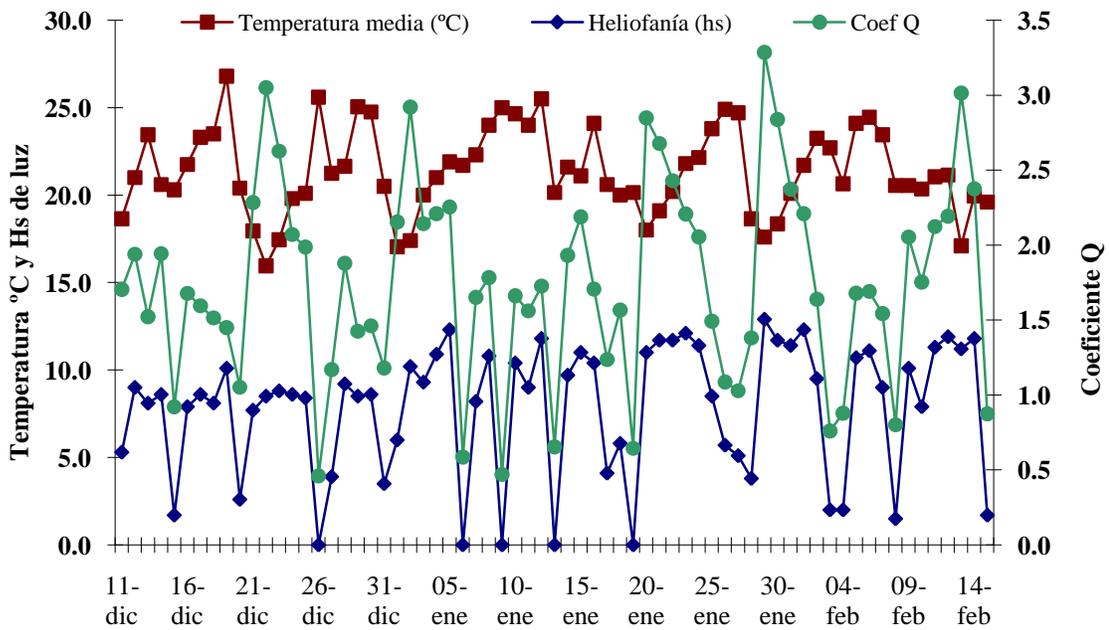


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diaria para el período 10 de Diciembre – 10 de Febrero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica de la floración, e inicios de llenado de los granos. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2014/15.

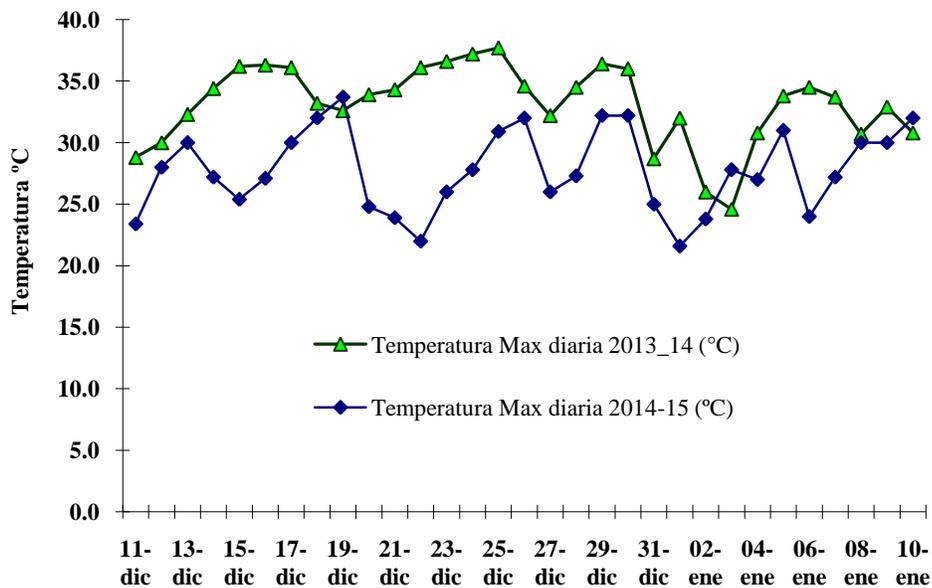


Figura 3: Temperatura máxima diaria durante el período crítico para la campañas 2013/14 y 2014/15. Observe las menores temperaturas de la presente campaña (línea azul), en comparación con la anterior. (línea verde). Estación meteorológica EEA INTA Pergamino, Pergamino, Bs As.

B) Resultados de los experimentos

B.1. Wheelwright:

En la Tabla 3 se presentan los parámetros morfológicos y fisiológicos de cultivo así como los componentes del rendimiento, mientras que en las Figuras 4 se presentan los rendimientos y su significancia estadística.

Tabla 3: Parámetros morfológicos de cultivo durante el período crítico: Materia seca inicial, vigor, intercepción, altura de plantas, intensidad de verde determinado mediante Green seeker y Minolta Spad, rendimiento y sus componentes numéricos. Tratamientos con fertilizantes líquidos aplicados al suelo en Maíz temprano. Wheelwright, Santa Fe. Campaña 2014/15.

Trat	Descripción	MSeca V7 (kg/ha)	Vigor R2	Cobertura Intercepción (%)	Altura P (cm)	Nº Hojas verdes R2	Green Seeker V9	Minolta Spad R2	NG/m ²	PG (g)
T1	Testigo	5553,2	3,5	90,1	275,0	10,0	0,70	54,7	4038,0	259,0
T2	N	7867,8	3,8	95,2	296,0	11,5	0,74	53,5	5394,6	246,0
T3	NS	7834,1	4,0	96,5	293,0	12,0	0,72	55,3	5182,7	244,0
T4	NSZn	6334,0	4,2	96,9	288,0	12,0	0,75	47,7	5617,7	257,0
R2 vs rendimiento		0,20	0,82	0,84	0,52	0,79	0,95	0,54	0,96	0,07

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

R2 Corresponde a los estados de V7: 7 hojas expandidas, R2 50 % estigmas visibles.

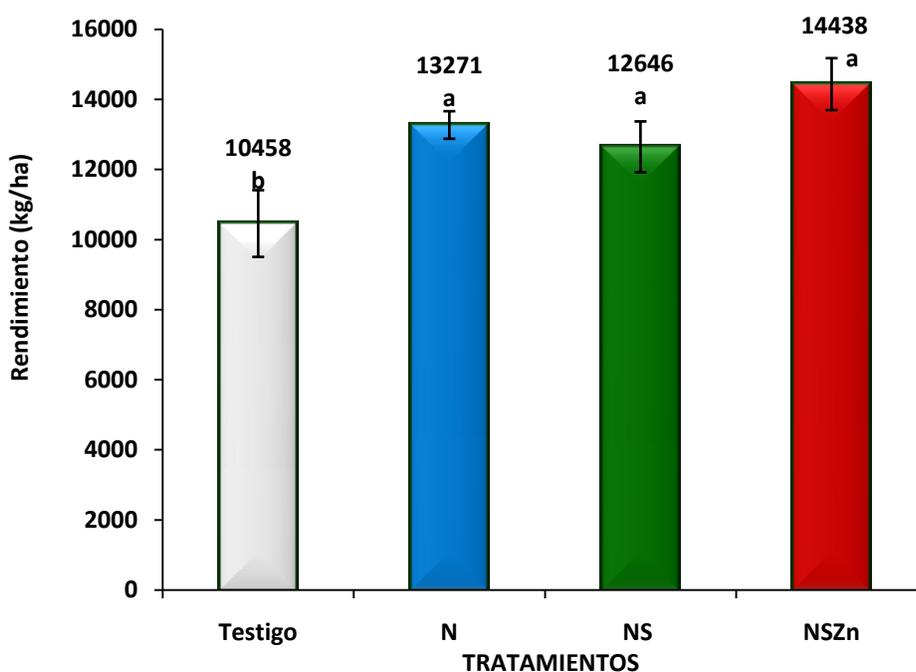


Figura 4: Producción media de maíz por el agregado aditivo de nitrógeno, azufre y zinc. Wheelwright, Santa Fe. Maíz de siembra temprana, ambiente de fertilidad media. Año 2014/15. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error indican la desviación standard de la media.

B.2. Pergamino:

En la Tabla 4 se presentan los parámetros morfológicos y fisiológicos del cultivo, mientras que en las Figura 5 se presentan los rendimientos y su significancia estadística.

Tabla 4: *Parámetros morfológicos de cultivo durante el período crítico: Materia seca inicial, vigor, intercepción, altura de plantas, intensidad de verde determinado mediante Green seeker y Minolta Spad, rendimiento y sus componentes numéricos. Tratamientos con fertilizantes líquidos aplicados al suelo en Maíz tardío. INTA EEA Pergamino. Campaña 2014/15.*

Trat	Descripción	MSeca V7 (kg/ha)	Vigor R2	Cobertura Intercepción (%)	Altura P (cm)	Nº Hojas verdes R2	Green Seeker V9	Minolta Spad R2	NG/m ²	PG (g)
T1	Testigo	6647,0	2,9	87,5	295,0	8,8	0,76	48,5	378,0	769,7
T2	N	7357,8	3,3	95,5	312,5	11,0	0,78	51,2	375,0	852,0
T3	NS	6873,3	3,7	98,0	315,0	58,0	0,79	51,0	377,0	795,9
T4	NSZn	7710,2	3,7	97,0	305,0	11,5	0,77	54,0	365,0	892,8
R2 vs rendimiento		0,30	0,06	0,06	0,14	0,01	0,26	1,00	1,0	0,22

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

V4, R2, Corresponde a los estados de V7: 7 hojas expandidas, R2 50 % estigmas visibles.

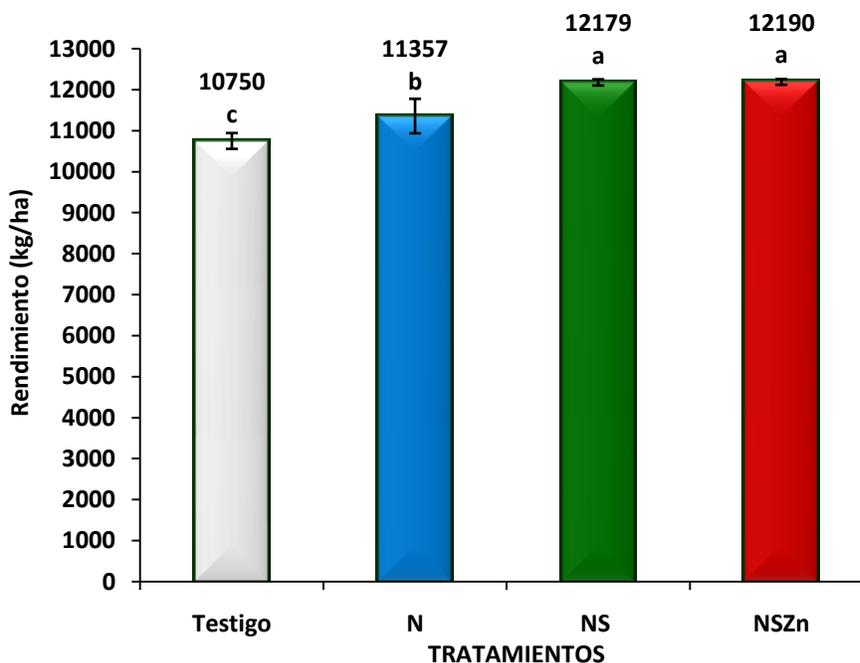


Figura 5: *Producción media de maíz por el agregado aditivo de nitrógeno, azufre y zinc. INTA EEA Pergamino. Maíz de siembra tardía, ambiente de fertilidad media. Año 2014/15. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error indican la desviación standard de la media.*

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

*El ciclo agrícola 2014/15 tanto en el Sur de Santa Fe como en el Norte de Bs As representó un ambiente propicio para la obtención de altos rendimientos en ambas fechas de siembra, llegando el promedio de los ensayos a 12703 kg ha⁻¹ en Wheelwright y 11619 kg ha⁻¹ en Pergamino.

* En Wheelwright se determinaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P=0,06$; $cv=9,2\%$). Todos superaron significativamente al testigo sin diferencias entre sí, remarcando al N como el elemento de mayor importancia e impacto (Tabla 3). Si bien las diferencias no fueron significativas, el Zn incrementó los rendimientos en 1167 kg ha^{-1} , siendo su agregado agronómicamente relevante y económicamente rentable. Por el contrario, el S en este experimento no modificó los rendimientos (Tabla 3 y Figura 4).

* Un grupo de variables se asociaron fuertemente con los rendimientos. La intensidad de verde por Green Seeker ($R^2=0,95$) y Minolta Spad ($R^2=0,54$) explicaron satisfactoriamente los rendimientos (Tabla 3). También se relacionaron con los rendimientos de manera significativa NG ($R^2=0,96$), Cobertura e intercepción ($R^2=0,84$), Vigor en R2 ($R^2=0,82$), número de Hojas verdes activas ($R^2=0,79$) y altura de plantas ($R^2=0,52$).

* En Pergamino se comprobaron diferencias altamente significativas en los rendimientos ($P=0,000$; $cv=3,14\%$). En este experimento de siembras tardías, N y S incrementaron los rendimientos en forma estadística, pero no sucedió lo mismo con Zn, lo cual está en concordancia con el nivel de Zn en suelo por arriba del umbral sugerido de 1 mg kg^{-1} .

* Principalmente dos variables se asociaron de manera positiva y significativa con los rendimientos, NG ($R^2=1,0$) y el índice verde por Minolta Spad ($R^2=1,0$). El sensor Green Seeker mostró una moderada correlación con rendimiento ($R^2=0,26$), quizás por su medición demasiado temprana.

* Los resultados obtenidos muestran una vez más la importancia de un adecuado manejo de los nutrientes en la optimización del rendimiento, en dos zonas relativamente diferentes, con distintas fechas de siembra, cultivares y manejo. N se confirma como el nutriente principal en la producción de maíz, S y Zn mostraron respuesta en uno de los sitios. La abundancia de precipitaciones aumenta la eficiencia de uso y potencia las respuestas, especialmente para elementos móviles como N y S, a la vez que se confirma la importancia del análisis de suelo en la predicción de la respuesta a Zn. Una serie de parámetros de cultivo e índices determinados mediante sensores se demuestran como herramientas valiosas en el diagnóstico de la respuesta a la fertilización, si bien su ajuste y la elaboración de funciones de predicción no ha finalizado aun.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- * Barbieri, P. A.; Echeverría, H. E. y Sainz Rosas, H. 2005. "Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización en el cultivo de maíz en función de la fuente, dosis y métodos de colocación del fertilizante". (Convenio INTA Balcarce - Profertil, 2004/05).
- * Ferraris, G., L. Couretot y M. Toribio. 2010. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz en Pergamino (Bs As). Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (AACS) "El Suelo, Pilar de la Agroindustria en la Pampa Argentina". Comisión 3: Nutrición Vegetal y Fertilidad de Suelos. Rosario, 31 de mayo al 4 de junio de 2010.
- * Ferraris, G.N.; Elias, G.; Galetto, M.L. 2014. . Pérdidas de Nitrógeno por Volatilización en Maíces Tardíos en Pergamino (Bs As). Efectos de Fuente y Dosis. En. Actas MAIZ HD - X Congreso Nacional de Maíz. Comisión 3. Suelos y Fertilización. Rosario, Septiembre de 2014.
- * Fontanetto, Hugo y Keller, Oscar. 2006. Manejo de la fertilización en Maíz. Experiencias en la Región Pampeana Argentina. En: Información Técnica de Cultivos de Verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea N° 106. pp 85-113 INTA EEA Rafaela.
- * Keeny D R, Nelson W D. 1982. In Methods of Soil Analysis. Part. 2. Chemical and Microbiological properties, A L Page ed. pp. 643-693. American Society of agronomy, Madison, Wisconsin (USA).
- * Nommik H. 1973. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. Plant Soil. 39:309-318.
- * Osmond, D, C. Crozier, J. Dunphy, K. Edminsten, L. Fisher, R. Heiniger, R Weisz and D. Hardy. 2008. Testing New Fertilizers and Fertilizer Additives. Department of Soil Science. NC State university. Disponible on line. www.stanly.ces.ncsu.edu/files/library/84/Fertilizer%20Additives.3.7.2008.pdf
- * Sainz Rozas, H, Echeverría H.E, Studdert G.A, Andrade, FH, 1997a. Volatilización de amoníaco desde urea aplicada al cultivo de maíz bajo siembra directa. Ciencia del Suelo 15: 12-16
- * Trenkel, M.E. 1997. Improving Fertilizer Use Efficiency. Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. 151 p

- * Videla, CC. 1994. La volatilización de amoníaco: una vía de pérdida de nitrógeno en sistemas agropecuarios. EEA Balcarce INTA Bol.Tec. 131, 16 p.
- * Salvagiotti, F. 2005. "Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización y su efecto en el rendimiento del cultivo de maíz". EEA INTA Oliveros. (Convenio INTA Oliveros - Profertil, 2004/05)
- * Watson, C.J. 2000. Urease activity and inhibition.Principles and practice.The International Fertiliser Society.Proceeding N° 454. 39 p