



INIA
REMEHUE

MICRONUTRIENTES EN TRIGO

Autores:

Carlos Sierra B. Ing. Agr. M.Sc.

Aldo Valdebenito B. Ing. Ejec. Agric.

Comité Editor:

Giancarlo Bortolameolli S. Ing. Agr.

Marisol González Y. Ing. Agr. M.Phil.

Ricardo Campillo R. Ing. Agr. M.Sc.

Humberto Navarro D. Ing. Agr. M.Sc.

Editor:

Giancarlo Bortolameolli S.

Boletín Técnico N° 212
Estación Experimental Remehue
Osorno, Junio de 1994.

MICRONUTRIENTES EN TRIGO

Carlos Sierra B.¹
Aldo Valdebenito B.²

INTRODUCCION

La agricultura moderna se caracteriza por presentar rendimientos cada vez más altos. Esto se ve acrecentado por el mayor potencial de las nuevas variedades logradas por los genetistas, y por otra parte, debido al uso continuado durante los últimos 20 años de fertilizantes nitrogenados y fosfatados de alta pureza (Mortverdt *et al*, 1983). Estos factores pueden inducir a una disminución importante de los niveles de microelementos en el suelo. Como consecuencia de esto, existe la posibilidad de encontrar respuesta a la aplicación de micronutrientes. También otros factores de manejo, como el encalado, pueden afectar la disponibilidad de algunos elementos menores.

El objetivo del presente Boletín Técnico consiste en entregar información sobre los resultados de diez ensayos de campo realizados en la Temporada 1990-1991 en cinco localidades de la Décima Región.

-
- 1: Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Subdirector Estación Experimental Intihuasi. Casilla 36 - B, La Serena (Chile).
 - 2: Ingeniero Ejecución Agrícola. Estación Experimental Remehue. Casilla 24 - 0, Osorno (Chile).

MATERIALES Y METODOS

Durante la Temporada 1990-1991 se realizaron diez experimentos con micronutrientes en trigo (cultivar Perquenco). Las localidades y suelos donde se realizaron los experimentos se presentan en el Cuadro 1. En la localidad de Purranque se realizaron seis experimentos.

Cuadro 1. Localidades y suelos donde se realizaron los experimentos.

Localidad	Serie de Suelo	Agrupación de suelo	Precultivo
Cudico	Cudico	Rojo Arcilloso	Ballica
Pincoy	Osorno La Unión	Trumao-Trasición	Remolacha
Huilma	Crucero	Rojo arcilloso	Raps
Purranque	Osorno	Trumao	Papa
Crucero	Crucero	Rojo arcilloso	Raps

Los experimentos realizados fueron de dos tipos:

- a) Respuesta a la aplicación de una mezcla de micronutrientes que presenta las siguientes características (Cuadro 2.). Previo al establecimiento de los experimentos, se colectaron muestras para análisis químico de suelos, cuyos resultados se presenta en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 2. Contenido de micronutrientes de la mezcla usada en los ensayos y aporte de elementos por 25 kg de producto.

Elementos que forman la mezcla	%	Mg	Zn	B	Mn	Cu	Mo	CaCo ₃
		grs.						
Sulfato de Magnesio	20	490						
Oxido de Magnesio	10	1500						
Sulfato de Zinc	5		506					
Borax	25			625				
Sulfato de Manganeso	5				455			
Sulfato de Cobre	3					300		
Trióxido de Molibdeno	0,5						83,3	
Carbonato de Calcio	31,5							7717
	100,0	1990	506	625	455	300	83,3	7717

Cuadro 3. Caracterización de los sitios de ensayo.

Localidad	N	P	K	Ph*	m.o
	ppm				%
La Unión	28	14	547	5,3	7,3
Pincoy	34	12	439	6,0	13,2
Huilma	35	4	157	5,2	13,7
La Pampa	29	19	358	5,6	14,5
Crucero	38	9	165	5,6	12,2

* pH al agua.

Fuente: Laboratorio Servicio Análisis de Suelo INIA - Remehue.

Cuadro 4. Contenido de micronutrientes de los sitios de ensayo (ppm).

Localidad	Cobre	Fierro	Manganeso	Zinc	Boro
	ppm				
La Unión	2,64	9,0	45,3	3,3	0,58
Pincoy	1,10	7,3	8,7	2,0	0,41
Huilma	0,82	5,9	9,5	2,5	0,88
La Pampa	0,60	9,1	6,7	1,4	0,75
Crucero	1,30	7,7	8,4	3,0	1,22

Los experimentos se establecieron considerando dos tratamientos: **con y sin** micronutrientes, en dosis de 25 kg/ha de producto comercial. Como fuente de fósforo se usó superfosfato triple en dosis de 150 kg/ha de P_2O_5 y como fuente potásica, sulfato de potasio en dosis de 100 kg/ha de K_2O .

El nitrógeno se aplicó parcializado 40 kg/ha de N como salitre sódico a la siembra, y a la macolla se aplicó 140 kg/ha de N, la mitad como salitre sódico y la otra mitad como urea. Para aislar el efecto de los micronutrientes, las parcelas sin micronutrientes recibieron la misma cantidad de magnesio, azufre y carbonato de calcio. Incluso en el caso de la Cal, se usó la misma fuente de cal de concha que se usa como "relleno", para la mezcla de micronutrientes.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con seis repeticiones. En parcelas de 10 m. de largo y ocho hileras separadas a 17,5 cms. La época de siembra fluctuó entre Mayo y Julio de 1990. Los micronutrientes se mezclaron con el fósforo y potasio y se aplicaron manualmente, previo surcado del suelo. Las parcelas testigo sin micronutrientes se sembraron primero y luego cubrieron para evitar contaminación entre tratamientos. Todos los experimentos se realizaron en siembras comerciales de agricultores. Los experimentos se analizaron estadísticamente, mediante una comparación de medias pareadas con una prueba de Tukey al 0,05%.

- b) En la Subestación Experimental La Pampa (INIA-Purranque), se establecieron cinco experimentos de campo para evaluar la respuesta de cuatro micronutrientes en forma aislada en diferentes dosis y un experimento con diferentes dosis de Magnesio. Las sales usadas y dosis se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Dosis y fuente de cuatro micronutrientes y un nutriente secundario.

Elemento (Sal mineral)		Dosis (kg/ha)		
Zinc (Zn SO ₄)	0	1,25	2,5	5,0
Boro (B ₂ O ₃)	0	6,25	12,5	25,0
Cobre (Cu SO ₄)	0	0,75	1,5	3,0
Molibdeno (Mo O ₃)	0	0,125	0,25	0,5
Magnesio (Mg SO ₄)	0	30	60	120

Los experimentos se realizaron con cuatro repeticiones, en parcelas de 1,4 m. de ancho y 5 m. de largo. El manejo agronómico de los experimentos fue similar a los anteriores en cuanto a variedad de trigo, dosis de semilla, fuente nitrogenada fosfatada y potásica. Todos los experimentos recibieron dos toneladas de cal por hectárea, un mes antes de la siembra.

En los experimentos de respuesta a la mezcla de micronutrientes, se midió número de plantas por m² a los 45 días después de la siembra, espigas por m², a la cosecha y peso de los 1.000 granos y rendimientos de grano. En los experimentos de dosis de micronutrientes, se midió solamente rendimiento en grano ajustado a un 14% de humedad.

Resultados de los ensayos de mezcla de micronutrientes.

En el cuadro 6, se presenta los resultados del efecto de la mezcla de micronutrientes en las cinco localidades estudiadas. En las localidades de La Unión y San Pablo, hubo efecto significativo a la aplicación de micronutrientes con una probabilidad del 95%. En los sitios de Huilma y La Pampa, si bien es cierto, se observó una tendencia a incrementarse el rendimiento con la adición de micronutrientes, pero esta no fue estadísticamente significativa.

Cuadro 6. Resultados ensayo Micronutrientes.

Localidad	Con	Sin	Variación
	Micronutrientes	Micronutrientes	
	qqm/há		
La Unión	86,4	78,3	+ 8,1*
San Pablo	94,8	89,1	+ 5,7*
Huilma	54,3	51,3	+ 3,0 N.S.
La Pampa	76,1	73,8	+ 2,3 N.S.
Crucero	49,8	51,0	- 1,2 N.S.

* = Significativo al 5%

N.S.= No significativo.

Agronómicamente se apreció que a mayor rendimiento obtenido, el suelo no fue capaz de satisfacer la gran demanda de nutrientes generada por el cultivo, y cuando el rendimiento obtenido fue medio, el suelo fue capaz de aportar la demanda generada por el cultivo. Además, es posible que exista un efecto sinérgico de la mezcla de micronutrientes aplicada, en la nutrición de las plantas de trigo. Es probable que el mayor efecto se deba al Boro y Zinc. Sin embargo, en cuanto a la sospecha de una posible respuesta debido a la aplicación de boro, en el Cuadro 4, se aprecia que el contenido de este elemento en el suelo se relaciona muy bien con la respuesta obtenida en producción. En los dos sitios de mayor respuesta a la aplicación de micronutrientes, el contenido de boro fue el más bajo y viceversa. Cabe señalar que el nivel crítico de este elemento en el suelo se estima en 1 ppm.

Como se aprecia en el cuadro 3, el contenido de nutrientes primarios (N,P,K) fue bastante homogéneo y común de los suelos agrícolas de la zona sur. El pH varió entre fuertemente y medianamente ácido. En el Cuadro 4, se aprecia que el contenido de boro es bajo en todos los sitios estudiados con excepción de Crucero.

En el Cuadro 7, se muestra el número de plantas por m², a los 45 días después de la siembra. En las localidades de La Unión y La Pampa, se observó un interesante incremento del número de plantas, al aplicar la mezcla de micronutrientes. Igualmente el número de espigas por m² a la cosecha se incrementó en tres de los cinco sitios estudiados (Cuadro 8). En el caso del peso de los 1.000 granos no se observó un efecto consistente (Cuadro 9). De acuerdo al análisis de los componentes de rendimiento el mayor efecto de los micronutrientes podría explicarse por un efecto positivo en el macollaje del trigo.

Cuadro 7. Número de plantas por m² a los 45 días después de la siembra, con y sin micronutrientes.

Localidad	Con Micronutrientes	Sin Micronutrientes	Variación
La Unión	173	157	+ 16
San Pablo	-	-	-
Huilma	202	198	+ 4
La Pampa	661	594	+ 67
Crucero	167	172	- 5

Cuadro 8. Número de espigas por m² con y sin micronutrientes, medidos a la cosecha.

Localidad	Con Micronutrientes	Sin Micronutrientes	Variación
La Unión	331	304	+ 27
San Pablo	390	390	0
Huilma	260	251	+ 9
La Pampa	386	350	+ 36
Crucero	253	253	0

Cuadro 9. Peso de 1.000 granos con y sin micronutrientes.

Localidad	Con Micronutrientes	Sin Micronutrientes
	grs.	
La Unión	48,4	48,1
San Pablo	44,9	44,8
Huilma	43,8	43,6
La Pampa	46,9	47,3
Crucero	47,5	47,3

Resultado de los ensayos de dosis de micronutrientes y Magnesio (Subestación Experimental La Pampa.

ZINC: El Zinc es el micronutriente más deficitario en muchos suelos del mundo (Katyal y Randhawa, 1986).

Este micronutriente se encuentra asociado a la materia orgánica más activa del suelo, formando compuesto organo-metálicos estables. Sin embargo, niveles muy altos de materia orgánica activa pueden inducir a una deficiencia de este elemento por fuerte quelación. Igualmente, niveles altos de fósforo en el suelo generalmente producen una disminución del Zinc disponible. Además un incremento del pH, por efecto de un intenso encalado, normalmente disminuye la disponibilidad de Zinc para las plantas. Por el contrario, una disminución del pH del suelo, o en un suelo ácido de pH 5,5, generalmente la disponibilidad de Zinc para las plantas es adecuada.

En el Cuadro 10, se presenta el efecto de las aplicaciones sucesivas de Zinc desde 0 a 5 kg/há de sulfato de Zinc.

Se aprecia un incremento desde 83,0 hasta 95 qqm/há aproximadamente. Sin embargo, la adición de 1,25 kg/há de producto permite incrementar en 6,6, qqm/há el rendimiento, lo cual indicaría que es una dosis adecuada. Finalmente es importante señalar que la respuesta se produce con un nivel inicial de 1,4 ppm. Una posible explicación para esta respuesta sería, las dosis moderadamente altas de fósforo usadas, lo cual afectaría la absorción de zinc en los primeros estados de desarrollo del cultivo y también el encalado.

Entre los cultivos sensibles a este elemento destacan : maíz, lino y frutales de hoja caduca.

BORO: La respuesta al boro es menos clara y esto no se explica claramente por el contenido del boro del suelo, al inicio del experimento (0,75 ppm). Este elemento sigue una dinámica parecida al zinc en cuanto al pH. Sin embargo, en suelos ácidos el boro puede ser deficiente. Al incrementar el pH por efecto de un continuo encalado, la disponibilidad de boro puede disminuir. El nivel crítico de boro en el suelo es de 1 ppm. Sin embargo, la ausencia de respuesta al boro con 0,75 ppm pudiera explicarse por el alto nivel de materia orgánica activa en la capa arable del suelo. Este elemento se encuentra muy ligado a la fracción orgánica del suelo.

Los cultivos más sensibles a la deficiencia de boro son alfalfa, coliflor, remolacha azucarera y manzano.

Cuadro 10. Efecto de cuatro micronutrientes Zn, B, Cu y Mo en el rendimiento del trigo Perquenco. Subestación Experimental La Pampa (1990-1991).

Tratamiento		Promedio ⁽¹⁾
Zn SO ₄		qqm/há
0	kg/há	83,0
1,25	kg/há	89,6
2,50	kg/há	89,4
5,00	kg/há	94,9
<hr/>		
B ₂ O ₃		
0	kg/há	89,6
6,25	kg/há	85,2
12,50	kg/há	90,9
25,0	kg/há	85,0
<hr/>		
Cu SO ₄		
0	kg/há	75,9
0,75	kg/há	71,9
1,50	kg/há	70,9
3,0	kg/há	72,4
<hr/>		
Mo O ₃		
0	kg/há	95,9
1,125	kg/há	93,3
0,25	kg/há	97,5
0,50	kg/há	96,2

(1): Promedio de cuatro repeticiones.

COBRE: Como se aprecia en el cuadro 10 no se observó una respuesta a la aplicación de cobre. Cabe señalar que el nivel crítico del cobre según literatura es de 0,2 ppm. Según esto, el nivel del suelo sería adecuado y esto podría explicar la ausencia de respuesta a la aplicación de este elemento. Entre los cultivos sensibles destacan trigo, alfalfa, cebada, avena.

MOLIBDENO: El molibdeno es el único microelemento que mejora su disponibilidad con la adición de Cal. Generalmente, los suelos de pH ácido pueden presentar deficiencias de este elemento. Las especies más favorecidas con la adición de molibdeno son las crucíferas (Coles, raps), y las leguminosas.

La acción del molibdeno es de gran importancia en la asimilación normal del nitrógeno por las plantas. Este es un componente esencial de nitroreductasa y de la nitrogenasa, que controla la reducción del nitrato inorgánico y que ayuda a fijar el N elemental en NH_3 . Por lo tanto, la acción del molibdeno es importante en la fijación de N por las leguminosas. Las aplicaciones de molibdeno al trigo no produjeron un incremento de rendimiento (Cuadro 10). Esto podría explicarse por las características del cultivo del trigo de tener poca sensibilidad frente a una posible deficiencia, y además de un adecuado suministro de este elemento por el suelo.

MAGNESIO: Finalmente en el Cuadro 11, se presenta la respuesta del trigo a la aplicación de magnesio como sulfato. Se aprecia una clara respuesta a la aplicación de 30 kg/há de sulfato de Magnesio, que es un elemento bastante soluble.

El magnesio es un elemento relativamente deficiente en los suelo, particularmente en aquellos predios donde se está trabajando intensivamente. Esta moderada deficiencia puede en algunos casos acentuarse por efecto de concentración de otros nutrientes en la banda fertilizada. Esto podría explicar el buen efecto logrado con la escasa dosis de 30 kg/há de sulfato de magnesio. Esta baja dosis de magnesio, posiblemente estimuló el crecimiento inicial del trigo y favoreció el macollaje.

Cuadro 11. Efecto de dosis de Mg ($Mg SO_4$) en el rendimiento del trigo Perquenco. Subestación Experimental La Pampa (1990-1991).

Tratamiento kg/há	Promedio ⁽¹⁾ qqm/há
00	89,7
30	94,6
60	92,5
120	92,9

(1): Promedio de cuatro repeticiones.

CONCLUSIONES

La aplicación de una mezcla de micronutrientes en cinco ensayos, permitió establecer una respuesta significativa en dos localidades (Suelos Cudico y Osorno - La Unión).

La respuesta del cultivo se verificó en aquellas localidades donde los rendimientos fueron más altos, confirmando los principios de la ley del mínimo.

A niveles esperados del rendimiento inferiores a 70 qqm/há no cabría esperar respuesta a la aplicación de micronutrientes.

La mezcla de micronutrientes incrementó el número de plantas por m^2 y el número de espigas, no aumentando el peso de 1.000 granos.

En los experimentos de microelementos aislados, se verificó un efecto consistente de la aplicación de Zinc, mientras que Boro, Cobre y Molibdeno no incrementaron el rendimiento del trigo.

LITERATURA CITADA

Katyal, J.D. y Randhawa, N.S. (1986). **Micronutrientes, Fertilizantes y Nutrición Vegetal.**
Boletín FAO. Indian Council of Agricultural Research Nueva Dehli, India.

Mortverdt, J.J.; Giordano, P.M., y Lindsay, W.L. (1983). **Micronutrientes en Agricultura.**
AGT Editor S.A.