

Estimación del equilibrio nutricional del trigo bajo riego en el valle bonaerense del río Colorado

M.A. Cantamutto, L. Zubiaga, G. Urrutia y J.I. Vanzolini

ISSN 0328-3399 Informe técnico N° 76

Asociación Cooperadora de la Estación Experimental Agropecuaria
Hilario Ascasubi (ACOOPA)



Estimación del equilibrio nutricional del trigo bajo riego en el valle bonaerense del río Colorado



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina



Estimación del equilibrio nutricional del trigo bajo riego en el valle bonaerense del río Colorado.

Miguel Ángel Cantamutto, Luciano Zubiaga, Gustavo Urrutia y Juan Vanzolini. INTA Hilario Ascasubi.
ISSN 0328-3399 Informe técnico N°76.

Resumen

Se determinó el contenido de trece nutrientes en muestras de grano de trigo de seis cultivos irrigados en el sur de la provincia de Buenos Aires, cuyo rango de rendimiento osciló entre 3,8 y 7,2 t/ha.

Se encontró que la concentración de N, P, S y K en el grano estuvo por debajo de los valores de referencia tomados de la literatura especializada, a pesar de los aportes por fertilización con N y P, situación que induce a analizar cambios en la estrategia de fertilización.

La concentración de Ca en los granos estuvo dentro de los valores de referencia, mientras que los aportes por el agua de riego fueron muy elevados. Ello pudo haber causado la baja acumulación de K, y del Mg. También se observaron bajos valores de Zn, Fe, B y Cu.

Los resultados hallados, sugieren la conveniencia de ajustar la estrategia de fertilización con N y P, como así también considerar el aporte de K y S. En el caso de los otros nutrientes deficitarios; Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y B, se recomienda explorar la respuesta a la fertilización foliar.

Introducción

El trigo constituye una alternativa productiva con elevado valor agronómico, históricamente reconocida en el regadío del Extremo Austral Bonaerense. Las crecientes restricciones de agua para riego, por el decaimiento de la capacidad de la cuenca del río Colorado (www.coirco.gov.ar), han despertado un renovado interés por el cultivo, en respuesta a las dificultades para los granos estivales (corfo.gob.ar). Sumado a ello, la vocación semillera de la región atrae la formulación de propuestas para la producción de semilla Fiscalizada por contrato, que son generalmente muy rentables.

En el regadío de la región, el trigo generalmente se cultiva bajo un modelo extensivo, en parcelas niveladas (tablones) donde se lo riega por manto. Dada su natural adaptación agroecológica, también puede ser cultivado en secano, aunque en esas condiciones el rendimiento es errático y generalmente bajo (Cantamutto et al, 2016). El riego, sumado a otras modernas prácticas tecnológicas, elevan el rendimiento potencial a valores superiores a 6 t/ha (de Beistegui, 2018; Besano, 2019).

Los suelos del regadío están originados en materiales depositados por el río Colorado en su delta ancestral (Spalletti e Isla, 2003). Generalmente son suelos de textura gruesa y escasa fertilidad (Cappannini y Lores, 1966). La nivelación mecánica, necesaria para posibilitar el riego gravitacional, ha aumentado la irregularidad cualitativa de los suelos. En algunos sectores, la decapitación del perfil ha dejado en superficie horizontes más pobres, afectando el crecimiento de los cultivos.

En general, los suelos regionales se encuentran naturalmente muy poco provistos de N. La actividad agrícola también ha causado una progresiva caída de los niveles de P. Se considera que un proceso similar está sucediendo con otros nutrientes tales como K, Ca, Mg y algunos microelementos.

Tradicionalmente en la región, el cultivo de trigo se fertiliza solamente con N y P. Ello significa que la absorción de otros nutrientes dependerá de su disponibilidad edáfica nativa. Sin embargo, en este tipo sistema productivo, el agua de riego constituye una fuente adicional de nutrientes, cuyo valor dependerá de la intensidad de la aplicación y la concentración de los elementos en la misma.

Se considera que la composición mineral de los granos puede ser empleada para establecer el estado nutricional de los cultivos. En el sudoeste bonaerense, una aproximación de este tipo fue propuesta por Landricini y Galantini (2018), utilizando índices que relacionan los diferentes elementos cruciales para la nutrición del trigo.

En el cultivo bajo riego, los rendimientos elevados plantean la necesidad de conocer si existe un equilibrio entre la oferta y la demanda de macro y micronutrientes. Al presente se desconoce si los habituales planteos de fertilización permiten captar la totalidad del potencial agronómico del cultivo. Si se estuvieran generando déficit o excesos en el abastecimiento de los nutrientes requeridos, en relación a los niveles de rendimiento logrados, la composición de los granos podría reflejar desvíos respecto a los valores medios.

Los objetivos de este trabajo fueron; 1) analizar la composición mineral de granos de trigo de cultivos irrigados de alto rendimiento del sur bonaerense, 2) detectar posibles desbalances nutricionales y 3) sugerir prácticas de manejo nutricional tendientes a mejorar el rendimiento y la calidad del grano

Materiales y Métodos

Se evaluaron granos de seis cultivos realizados por la Asociación Cooperadora de la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi durante 2020 y 2021. Los cultivos estaban ubicados en parcelas cercanas a Hilario Ascasubi (Buenos Aires), que forman parte de los campos de docencia e investigación de la Universidad Nacional del Sur, Escuela Agropecuaria Hilario Ascasubi e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Cinco cultivos estaban destinados a la producción de Semilla Original, y fueron realizados en convenio con la Asociación de

Cooperativas Argentinas. El otro cultivo estuvo orientado a producir grano de alta calidad panadera.

La textura de los suelos fue arenoso-franca y presentaron los siguientes parámetros químicos medios ¹: CE = $1,2 \pm 1,1$ dS/m; pH = $7,6 \pm 0,3$; MO = $1,9 \pm 0,4$; P = $22,5 \pm 8,3$ ppm; y N total = $0,100 \pm 0,21$ %.

Los cultivos antecesores fueron maíz, girasol para semilla o soja (Tabla 1). La siembra se realizó en el mes de junio, empleando entre 110 y 140 kg/ha de semilla, aplicando fosfato de amonio (18-46-0) en la línea. Durante el ciclo del cultivo se aplicó urea (46-0-0) en dos dosis divididas en partes iguales. El control de malezas y el control de pulgones (solo en 2021) se realizó aplicando productos, dosis y condiciones de marbete. Las lluvias naturales caídas en el ciclo, fueron menores y escasas en 2021. Se complementaron con dos riegos por gravedad durante el ciclo del cultivo, en los dos años.

El rendimiento de grano (ajustado a 13,5% de humedad) osciló entre 3,8 y 7,2 t/ha (Tabla 1). El llenado de grano fue adecuado, lo cual se reflejó en buenos valores de peso hectolítrico. El contenido de proteína osciló entre 10,1 a 14,0 % y se asoció al contenido de gluten húmedo. Los granos presentaron parámetros cualitativos que los ubicaron dentro de los grados admitidos por las normas de comercialización vigente.

La composición mineral de los granos se analizó utilizando un método multiparamétrico², en el Laboratorio de Análisis Químicos (LANAQUI) del Centro de Estudios de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), Universidad Nacional del Sur (UNS) y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET). Los elementos determinados fueron N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo y Co.

Los valores medidos se contrastaron con valores de referencia tomados de la bibliografía especializada (Anglani 1998, Nikkhah 2012, García y Correndo 2013, Olmo et al. 2014, Khokhar et al. 2018, Wieser et al. 2020). El valor de referencia para el Co fue estimado de www.feedtables.com/content/cobalt.

El contenido medio y desvío estándar de cada elemento analizado se presentó en forma agregada, considerando los cultivos como repeticiones (seis). Para cada elemento se calculó el desvío porcentual respecto a los valores de referencia.

Se estimaron los aportes totales de elementos minerales por la fertilización y el riego, considerando que las dos operaciones aportaron un equivalente a 200 mm/ha. Los valores de

¹ Laboratorio de Aguas y Suelo, Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del INTA.

² Las determinaciones de especies nitrogenadas fueron realizadas empleando el método semi-microkjeldahl con un Bucchi semiautomático. Los análisis de fosfato fueron realizados según metodología Bray-Kurtz. Restantes determinaciones efectuadas con un Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES), Shimadzu Simultáneo 9000 según Norma EPA 200.7 Se empleó la metodología de calibración externa utilizando patrones/ estándares certificados Chem-Lab, Zedelgem B-8210, Bélgica, ácido nítrico previamente ultrapurificado (sub-boiled) mediante un destilador Berghof distillacid BSB-939-IR, GmbH, Alemania y agua ultrapura [Water Purification Systems Millipore - Milli Q, modelo Elix Technology Inside 10 (Merck, France). Características: 0.05 μ S/cm de conductividad eléctrica - 18.2 M Ω /cm de resistividad (25°C)].



contenido medio de los elementos en el agua de riego se tomaron de las bases de datos del Laboratorio de Aguas y Suelo de la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi (Tabla 2). El aporte de nutrientes por fertilización se ajustó considerando las dosis aplicadas en cada cultivo.

Se confrontaron los valores de los aportes totales de cada elemento mineral (riego y fertilizantes) con la extracción realizada por cada cultivo. La extracción se estimó como producto del rendimiento por la concentración del elemento en el grano. El déficit o exceso absoluto de cada elemento se calculó como diferencia entre la extracción potencial (rendimiento x concentración de referencia) y la extracción efectiva observada (rendimiento x concentración medida).

Se estimó la relación entre el rendimiento y la extracción total de cada elemento mediante regresión lineal (InfoStat, 2008). En todos los casos los valores están referidos a granos con 13,5% de humedad.

Tabla 1: Principales aspectos del manejo de los cultivos de trigo que aportaron las muestras de granos analizadas.

Muestra	Fresno EEA	Fresno UNS	ACA 604	Meteoro	ACA 603	ACA 604
Variedad	Fresno	Fresno	ACA 604	Buck Meteoro	ACA 603	ACA 604
Ciclo	2020				2021	
Establecimiento³	EEA	UNS	EA	EEA	EEA	EEA
Cultivo antecesor	Soja	Girasol	Maíz	Maíz	Girasol	Girasol
Superficie (ha)	8,1	10,0	17,7	6,3	2,0	11,0
MANEJO DEL CULTIVO						
Semilla (kg/ha)	110	110	116	120	140	140
Mes de siembra	Junio					
Herbicidas⁴	2,4-D; dicamba; metsulfurón				fluroxipir; MCPA	
Insecticida⁵	no				dimetoato (2)	
DAP (kg/ha)⁶	80	80	80	80	110	110
Urea (kg/ha)⁷	300	300	400	300	290	290
Lluvias ciclo (mm)⁸	228				170	
Riegos por manto (n)	2; macollaje y encañazón					
PRODUCCION⁹						
Rinde (t/ha)	7,2	7,1	6,9	5,5	3,8	4,7
Biomasa (mg/grano)¹⁰	45,9	41,2	37,9	37,6	29,6	38,0
CALIDAD¹¹						
Peso hL¹² (kg/hL)	77,25	75,90	78,80	82,15	74,00	79,25
Panza blanca (%)	10,1	10,2	10,5	12,3	14,0	11,5
Proteína (%)	10,1	10,2	10,5	12,3	14,0	11,5
Gluten húmedo (%)¹³	26,8	26,3	28,9	35,0	36,0	29,6
Grado Comercial	II	II	II	I	III	II

³ EEA= Estación Experimental Agropecuaria; UNS= Universidad Nacional del Sur; EA= Escuela Agropecuaria

⁴ Control de malezas, empleando dosis y condiciones de marbete

⁵ Control de pulgones, empleando dosis y condiciones de marbete

⁶ Fertilización con fosfato diamónico (18.46-0) aplicado en la línea de siembra

⁷ Fertilización con urea (46-0-0) durante el macollaje, dividido en dos dosis iguales

⁸ Lluvias registradas en la Estación Meteorológica de la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi, en el período 1 de junio a 15 de diciembre (madurez fisiológica)

⁹ Granos con humedad natural de 13,5%

¹⁰ En base a una muestra de 1000 granos

¹¹ Realizados por la Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca, según normas comerciales vigentes

¹² Peso hectolítrico

¹³ Realizado con Glutomatic Método AACC 38-12

Tabla 2: Aportes de elementos minerales por el riego en base a la composición estimada para el agua del río Colorado durante la estación de riego en el Valle Inferior del río Colorado¹⁴.

Elemento												
N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	B	Mo
Concentración en agua de riego en mg/L												
1,12	0,094	4,6	129	135	23,9	0,0026	0,05	0,05	0,0042	0,05	0,06	0,0021
Aporte con dos riegos por manto												
kg/ha						g/ha						
2,24	0,188	9,2	258	270	47,8	5,2	100	100	8,4	100	120	4,2

¹⁴ Laboratorio de Aguas y Suelo. Tec. Luciana Dunel *comunicación personal*.

Resultados

La composición media de los granos de seis cultivos de trigo con riego realizados en Hilario Ascasubi estuvo dentro de los valores esperables, aunque once elementos minerales se encontraron por debajo de los valores de referencia (Tabla 3). Se observó un alto déficit relativo para B, mientras que Zn, P, Cu, Mn, Mg, S, K y Fe mostraron un déficit relativo medio. Se halló leve déficit de N y Co, mientras que Ca y Mo se encontraron en una concentración por encima del valor de referencia (Figura 1). La relación N:S presentó un valor de $19 \pm 5,4$, marcando un déficit relativo de S.

Tabla 3: Valores medios y Desvío Standard (D.S.) de la composición mineral de granos de trigo cosechados en Hilario Ascasubi (Buenos Aires) durante 2020 y 2021.

		Valor de referencia	Valor medido	Diferencia	Nivel
Elemento		Media \pm D.S.	Media \pm D.S.	Media	
kg/t					
Macro	N	18	$17,47 \pm 2,08$	-0,5	Déficit
	P	$3,5 \pm 0,6$	$1,95 \pm 0,64$	-1,6	Déficit
	K	$3,9 \pm 0,6$	$2,92 \pm 0,55$	-1,0	Déficit
Meso	S	$1,5 \pm 0,1$	$1,01 \pm 0,38$	-0,4	Déficit
	Ca	$0,4 \pm 0,1$	$0,42 \pm 0,15$	0,0	Suficiencia
	Mg	$1,4 \pm 0,4$	$0,90 \pm 0,05$	-0,5	Déficit
g/t					
Micro	Cu	$4,7 \pm 1,2$	$2,85 \pm 0,49$	-1,9	Déficit
	Fe	$37,3 \pm 5,7$	$28,28 \pm 3,81$	-9,0	Déficit
	Mn	$33,4 \pm 4,4$	$21,07 \pm 2,87$	-7,7	Déficit
	Zn	$25,9 \pm 3$	$13,78 \pm 1,87$	-12,1	Déficit
	Co	$0,10 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,02$	0,0	Déficit
	B	$10,5 \pm 0,8$	$3,32 \pm 2,94$	-7,1	Déficit
	Mo	$0,4 \pm 0,4$	$0,46 \pm 0,16$	0,0	Suficiencia

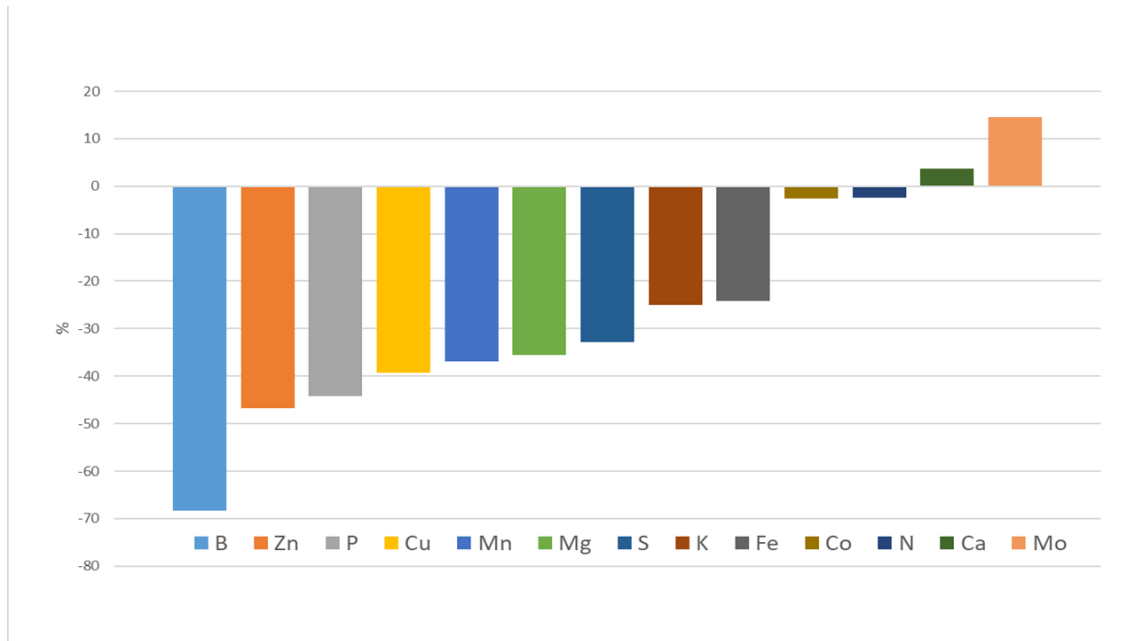


Figura 1: Variación porcentual (%) del contenido medio de trece elementos minerales analizados en granos de trigos cultivados bajo riego en Hilario Ascasubi, respecto a valores de referencia obtenidos de la bibliografía especializada (ver Materiales y Métodos).



Figura 2: Balance gráfico entre el aporte de elementos minerales por el riego y los fertilizantes (Aporte), la extracción efectiva realizada por el cultivo de trigo (Extracción) y el déficit o exceso absoluto para el rendimiento obtenido respecto a los valores de referencia (Déficit/exceso).

Tabla 4: Correlación entre la extracción absoluta de cada elemento mineral y el rendimiento del cultivo de trigo.

Elemento	R ²	Significancia
N	0,72	*
P	ns	ns
K	ns	ns
S	ns	ns
Ca	ns	ns
Mg	0,95	**
Cu	0,79	*
Fe	0,83	*
Mn	0,89	**
Zn	0,71	*
Co	ns	ns
B	ns	ns
Mo	ns	ns

En general, el balance mineral mostró cinco situaciones contrastantes (Figura 2):

- A- Nutrientes con baja concentración en grano, a pesar de la buena oferta por fertilización y riego: N, P, S, Mg y B;
- B- Nutrientes con baja concentración en grano, con acumulación total estuvo por encima del aporte del riego: K, Cu, Fe y Zn;
- C- Nutriente con buena concentración en grano, en condiciones de alto aporte por riego: Ca;
- D- Nutriente con baja concentración en grano, alcanzando una acumulación total por encima del aporte por riego: Mn;
- E- Nutrientes con buena concentración en grano, frente a buen aporte por riego: Co y Mo.

En cinco de los ocho elementos deficitarios; N, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn, se observó que la acumulación en grano aumentó con el aumento del rendimiento (Tabla 4).

Discusión

En los sistemas de producción irrigados se apunta a maximizar el empleo del recurso escaso, que usualmente es el agua para riego. Considerando la recarga inicial de agua en el suelo, pudo estimarse que los cultivos de trigo del presente estudio alcanzaron una eficiencia inferior a 13 kg/ha/mm. Este valor podría indicar que el rendimiento estuvo limitado por otros factores diferentes al agua (Sadras y Angus, 2006).

El N es uno de los principales macronutrientes que limita el rendimiento y define la calidad del grano de trigo, a través del contenido proteico. También, la concentración de N en el grano es un indicador del grado de aprovechamiento del potencial de un ambiente dado. Niveles de proteína superiores al 11,5% (base húmeda) son indicativos que se ha llegado al rendimiento potencial (Heyne 1987). En los trigos analizados, ese umbral se superó solo cuando el rendimiento fue menor a 6 t/ha (Tabla 1). Ello también se vio reflejado en el contenido de N en los granos, que en promedio fue ligeramente inferior al valor de referencia (Tabla 3). Si bien globalmente los aportes de N, suplementados por la fertilización con urea, serían suficientes, alguna ineficiencia del sistema productivo (pérdidas por volatilización o lixiviación), o la interacción con la disponibilidad de otro nutriente, podría haber limitado la absorción y por parte de las plantas.

El P es un elemento mineral inmóvil en el suelo (Marschner 2012). Los cultivos de trigo se realizaron en suelos ligeramente alcalinos, bajo condiciones en las cuales disminuye la disponibilidad de este nutriente. Los granos de trigos mostraron una alta diferencia respecto a los valores de referencia, con una concentración que estuvo por debajo de los rangos descriptos en la bibliografía (Khan y Shewry, 2009). Si bien los suelos de la región pueden ser considerados con una dotación media a baja para este nutriente, el aporte por fertilización con fosfato diamónico debería haber alcanzado para lograr suficiencia. Por su parte, el aporte absoluto de P por el riego fue insignificante y la disponibilidad podría estar muy limitada por la alcalinidad del agua de riego (Masseroni et al 2018). Estas limitantes podrían revertirse por medio de la mejora del pH del suelo y el manejo de la fertilización, en cuanto a dosis, fuentes y modalidad de aplicación.

Si bien el K es un macronutriente que se considera abundante para los ambientes de la región, los granos de trigo presentaron una baja concentración, que estuvo entre los menores valores del rango establecido por la bibliografía (Khan y Shewry, 2009). En este caso, el aporte global a través del agua de riego fue bajo y la acumulación total en los granos debió ser abastecida por las reservas del suelo.

Es posible que la relativamente alta concentración de Ca aportada por el agua de riego, que se manifestó con una ligeramente alta concentración de los granos, haya afectado la absorción de otros cationes. Dada la conocida la interacción competitiva, una elevada oferta de Ca pudo haber limitado la absorción del K, que se mostró deficitario en los granos. También en el caso del Mg, que interacciona de un modo similar, la baja concentración en los granos pudo originarse en el efecto del alto contenido de Ca. Con esas restricciones, la incorporación de Mg por vía fertilización foliar aparece como una posible vía de corrección del déficit en los granos (Heyne 1987).

A pesar del proporcionalmente alto aporte por el agua de riego, los granos de trigo presentaron una concentración baja de S respecto a los valores de referencia. El S es un nutriente que ha merecido una amplia atención por la bibliografía especializada, dada su interacción con N. Se conoce que el análisis foliar en estados vegetativos puede ayudar a orientar respecto al estatus nutricional de la planta, aunque resulta complejo predecir la respuesta en la composición de los

granos (Heyne 1987). Tampoco se conoce si el S aportado por el agua de riego se hallaba en una forma disponible para la planta. En ese contexto, la relación N:S estuvo dentro de los valores observados en el sur de Buenos Aires, bajo condiciones de secano. Allí se halló que resultaría muy difícil de modificar mediante el agregado de S (Loewy et al 2008). Estos hallazgos inducen a considerar la experimentación con fertilizantes compuestos, como el sulfato de amonio.

La concentración de Cu en los granos se encontró por debajo de los valores de referencia, dentro del rango medio menor del nutriente (Khan y Shewry, 2009). Ello pudo deberse a una baja disponibilidad en el sistema, dado que el aporte mediante el riego fue proporcionalmente bajo y la acumulación en el grano fue abastecida por el aporte del suelo (Figura 2). Dado que el trigo es una especie sensible a la falta de Cu y a las dificultades para lograr una buena absorción en suelos de textura gruesa, suele recomendarse corregir su déficit mediante la fertilización vía foliar (Marschner 2012).

El contenido de Fe, que fue menor a los valores de referencia, estuvo próximo a los menores valores del rango de la especie (Khan y Shewry, 2009). Algo similar ocurrió con el Zn, aunque en este caso los valores se alejaron aún más del rango de concentraciones medias. La abundancia de Ca, la alcalinidad y bajo contenido de materia orgánica de los suelos, pueden limitar la absorción de Fe y Zn (Marschner 2012). En ese mismo contexto, la deficiencia del contenido de B en los granos podría obedecer a su menor solubilidad en el agua del suelo. El Mn es otro nutriente cuya disponibilidad suele ser baja a consecuencia de la alcalinidad y abundancia de Ca. Si bien la concentración de Mn observada fue baja, estuvo dentro del rango de la especie (Khan y Shewry, 2009).

Consideraciones finales

Ninguno de los elementos minerales analizados alcanzó niveles de toxicidad que pudieran limitar el rendimiento del trigo.

Cuando el rendimiento fue superior a 6 t/ha, el déficit de N se expresó en un bajo contenido de proteína, que fue menor a 11,0%.

El P mostró valores de insuficiencia, a pesar que el aporte por fertilización fue potencialmente adecuado. Ello podría adjudicarse a la alta inmovilidad del P, que puede ser superior a la mitad de lo agregado por fertilización.

El aporte nutricional del agua de riego fue insignificante para N, P, Fe, Cu, Zn, Mn y escaso para K. Los micronutrientes que mostraron deficiencia podrían ser aplicados por fertilización foliar. En el caso del macronutriente K, para los niveles de producción logrados se debería considerar una fertilización edáfica.

En el caso del B, a pesar que el aporte por riego podría ser considerado abundante, los granos mostraron baja concentración.

Recomendaciones

N: A pesar de una supuesta suficiencia de los aportes, se verificó déficit del nutriente en el grano, especialmente cuando el rendimiento fue superior a 6 t/ha. Revisar la modalidad de fertilización con este macronutriente; dosis, estado del cultivo, aplicación relativa respecto a la oportunidad de riego y/o lluvias.

P: Si bien el aporte total fue superior a la demanda, la concentración en los granos fue baja. Revisar la dosis y condiciones de fertilización con P, considerando un incremento global de la dosis mediante aplicación en cobertura total para evitar fitotoxicidad.

K: Fertilizar con este elemento mineral, para suplementar el aporte del suelo. Se señala el valor de realizar evaluaciones de respuesta al fertilizante, dado que el exceso de Ca en el sistema podría estar obstaculizando la absorción.

S: Explorar la respuesta a la aplicación de una fuente del nutriente de rápida absorción. Dada la insatisfacción de K, la aplicación se podría orientar al empleo de fertilizante en base a $SO_3 K$, ajustando la dosis a alrededor de 3 kg/ha.

Ca: Se considera que el elemento se encuentra en disponibilidad adecuada. Dada la alta concentración en el agua del río, correspondería analizar el efecto, a largo plazo, del riego con alta concentración del nutriente.

Mg: En el caso de este nutriente se recomienda observar la aparición de síntomas de deficiencia, generalmente manifestado como clorosis en las hojas. Como medida correctiva a aconsejar emerge la fertilización foliar, que podría ser una vía más efectiva para lograr absorción por parte de la planta.

Cu, Fe, Zn, B, Mn: Se sugiere explorar la respuesta al agregado de los micronutrientes mediante fertilización foliar.

Agradecimientos

Se agradece los valiosos comentarios críticos del Dr. Enrique Eduardo Sánchez, especialista en Nutrición Mineral.

El presente trabajo fue auspiciado por la Asociación Cooperadora de la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi (ACOOA).



Bibliografía

- Anglani C. 1998. Wheat minerals – A review. *Plant Foods Hum Nutr.* 52: 177–186.
- Besano A. 2019. Evaluación cultivo de trigo con pívot central. <https://corfo.gob.ar/wp-content/uploads/2020/05/trigo-29-2019-4.pdf>
- Cantamutto M, C Bertucci, D Huarte. 2016. El trigo en el sudoeste bonaerense. Documento de discusión encomendado por el Consejo del Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense. 76 p. <https://inta.gob.ar/documentos/el-trigo-en-el-sudoeste-bonaerense>
- Cappannini D, R Lores. 1966. Los suelos del Valle Inferior del Río Colorado. INTA, Colección de suelos N° 1. Buenos Aires, Argentina. 127 pp.
- De Beistegui A. 2018. ¿Cuál es el potencial de los trigos bajo riego gravitacional en el valle bonaerense del Río Colorado? <https://corfo.gob.ar/wp-content/uploads/2019/05/potencial-de-trigos-2018.pdf>
- García F. 1999. Requerimientos nutricionales y diagnóstico de la fertilización del cultivo de trigo. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/7644AEE66D2847BB8525799C0058F8A7/\\$FILE/Trigo-IAJun99.doc](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/7644AEE66D2847BB8525799C0058F8A7/$FILE/Trigo-IAJun99.doc)
- García F. 2010. Micronutrientes. Deficiencias y requerimientos de cultivos extensivos. Jornada Técnica ASP. Rosario, 27 de julio de 2010. en [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/2B9C65D88651ADDB85257906006546C9/\\$FILE/FG-Micronutrientes%20Julio%202011%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/2B9C65D88651ADDB85257906006546C9/$FILE/FG-Micronutrientes%20Julio%202011%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf)
- García F, A Correndo. 2013. Calculo de requerimientos nutricionales. Planilla de cálculo para estimar la absorción y extracción de nutrientes. Cereales, oleaginosas, industriales y forrajeras. International Plant Nutrition Institute. <https://fertilizar.org.ar/calculos-nutricionales/>
- Heyne E. 1987. *Wheat and Wheat Improvement*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, EEUU. 765 pp.
- Khan K, P Shewry. 2009. *Wheat Chemistry and Technology*. American Association Cereal Chemistry. St. Paul, Minnesota, EEUU. 476 pp.
- Khokhar JS, S Sareen, BS Tyagi, G Singh, L Wilson, IP King, SD Young, MR Broadley. 2018. Variation in grain Zn concentration, and the grain ionome, in field-grown Indian wheat. *PLoS ONE* 2018, 13, e0192026.
- Landriscini M, J Galantini. 2018. El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) para conocer el balance nutricional del trigo. Siembra Directa en el Sudoeste Bonaerense. J Galantini (ed):13-20. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/107297/CONICET_Digital_Nro.e0b85c6a-9b89-4165-bc88-801277e74841_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y



Loewy T, R Berg, M Ron. 2008. Contenido de azufre y relación N:S en grano de trigo en el centro sur y sudoeste bonaerense. Semiárido: un desafío para el suelo. Asociación Argentina Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes. Mayo 13-16 de 2008.

Masseroni M, C Aumassanne, P Sartor, C Zamora, D Fontanella. 2018. Calidad del agua para riego: situación histórica y actual del río Colorado (Comunicación breve). Boletín Geográfico UNCom XXXX 40(2):44-53. <http://revele.uncoma.edu.ar/index.php/geografia/article/view/2165/58749>

Marschener P. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, UK. 651 pp.

Nikkhah A. 2012. Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy. J Animal Sci Biotechnol 3: 22.

Olmo M, J Alburquerque, V Barrón, M Campillo, A Gallardo, M Fuentes, R Villar. 2014. Wheat growth and yield responses to biochar addition under Mediterranean climate conditions. Biol Fertil Soils 50:1177–1187.

Sadras V, J Angus. 2006. Benchmarking water-use efficiency of rainfed wheat in dry environments. Australian Journal Agriculture Research 57:847-856.

Spalletti L, F Isla. 2003. Características y evolución del delta del Río Colorado (Colúlevú), Provincia de Buenos Aires. AAS Revista 10(1):23-37.

Wieser H, P Koehler, K Scherf. 2020. Wheat – An exceptional crop. Botanical features, chemistry, utilization, nutritional and health aspects. Massachusetts: Woodhead Publishing.

Se determinó el contenido de trece nutrientes en muestras de grano de trigo de seis cultivos irrigados en el sur de la provincia de Buenos Aires, cuyo rango de rendimiento osciló entre 3,8 y 7,2 t/ha. Se encontró que la concentración de N, P, S y K en el grano estuvo por debajo de los valores de referencia tomados de la literatura especializada, a pesar de los aportes por fertilización con N y P, situación que induce a analizar cambios en la estrategia de fertilización.

La concentración de Ca en los granos estuvo dentro de los valores de referencia, mientras que los aportes por el agua de riego fueron muy elevados. Ello pudo haber causado la baja acumulación de K, y del Mg. También se observaron bajos valores de Zn, Fe, B y Cu. Los resultados hallados, sugieren la conveniencia de ajustar la estrategia de fertilización con N y P, como así también considerar el aporte de K y S. En el caso de los otros nutrientes deficitarios; Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y B, se recomienda explorar la respuesta a la fertilización foliar. .

ISSN 0328-3399 Informe técnico N° 76



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina