

Nota técnica

**ANÁLISIS DEL ESTADO NUTRIMENTAL DEL CULTIVO DE LA PAPA
EN COSTA RICA CON BASE EN INFORMACIÓN EXISTENTE**

Róger Fallas^{1/}*, Floria Bertsch^{*}

Palabras clave: Nivel crítico, análisis foliar, *Solanum tuberosum*, Costa Rica.
Keywords: Nutrient sufficiency ranges, leaf analysis, *Solanum tuberosum*, Costa Rica.

Recibido: 14/08/131

Aceptado: 10/02/14

RESUMEN

Se realizó un análisis de los resultados de análisis foliares del cultivo de la papa, procesados en el Laboratorio de Suelos y Foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (LSF-CIA/UCR) durante el 2006 al 2012. También, mediante diferentes fuentes de la literatura, se recopilaron los niveles críticos foliares (NC) establecidos para el cultivo de la papa en diferentes regiones del mundo. Con esa información, se comparó el porcentaje de muestras analizadas en Costa Rica que se encontraban por debajo de los niveles críticos reportados. Se encontraron concentraciones por debajo del nivel crítico, en una gran cantidad de muestras, para los elementos B, Ca y Mg, según el criterio de NC utilizado en la interpretación de los resultados (mínimo o promedio de la literatura).

ABSTRACT

Analysis of the potato crop nutrient status in Costa Rica, on the basis of existing information. An analysis of the potato leaf nutrient concentration in Costa Rica was made, from the results of foliar analyses conducted during the years 2006-2012 at the Soil and Foliar Laboratory of the Agronomic Research Center, University of Costa Rica (LSF-CIA/UCR). Also, through different literature sources, the potato crop's nutrient sufficiency ranges established in different regions of the world were compiled. This information was compared with the percentage of samples analyzed in Costa Rica and found below the critical concentrations reported in the literature. A large amount of samples were found below the critical concentration of nutrients B, Ca and Mg as defined in the literature, depending on whether the minimum or average literature results were used as a criterium for critical foliar level.

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: rogerarmando.fallas@ucr.ac.cr

* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Los análisis foliares son una herramienta útil en el diagnóstico del estado nutrimental de un cultivo, ya que permiten detectar deficiencias de nutrientes mediante la comparación con valores establecidos en la literatura (niveles críticos) o mediante la comparación con plantaciones modelo que presenten un desarrollo adecuado u óptimo.

Comunmente es difícil contar con una plantación modelo para realizar la comparación e interpretación de un dado análisis foliar, por lo tanto se debe consultar una tabla valores establecidos o niveles críticos para realizar la interpretación del análisis foliar.

Contar con información ampliamente documentada sobre los niveles críticos usados en diferentes partes del mundo para un cultivo específico, constituye indudablemente una herramienta valiosa durante el proceso de interpretación de análisis foliares.

Osman (2013) menciona que para la interpretación de un análisis foliar pueden ser establecidos 3 umbrales: el umbral de deficiencia con síntomas visibles de la deficiencia y bajos rendimientos, el umbral de suficiencia por encima del cual se obtienen altos rendimientos y por debajo del cual el rendimiento disminuye lo que representa por tanto, posibilidad de respuesta a la adición del nutriente y por último, el umbral de toxicidad que representa concentraciones por encima de las cuales la planta presenta problemas para su desarrollo.

Así, en la interpretación de un análisis foliar puede ser utilizado el ámbito en el cual se encuentra el umbral de suficiencia (ámbito de suficiencia), también puede ser utilizada una única concentración la cual ha sido designada como nivel crítico.

El ámbito para interpretación abarca las concentraciones encontradas entre el valor a partir del cual la planta no presenta problemas para su desarrollo debido a deficiencia del elemento y el valor de concentración máxima tolerada, valor por debajo del cual no se presenta reducción del rendimiento debido a problemas de toxicidad por exceso del mismo, la definición de este NC asume que los

demás nutrientes se encuentran en un nivel adecuado, si se evalúa por separado cada elemento. Una definición de nivel crítico y que involucra aspectos económicos es la sugerida por Bates (1971), quien define NC como la concentración a partir de la cual aplicaciones subsecuentes del nutrimento no brindan un beneficio o retorno económico.

Los niveles críticos para interpretar los análisis foliares son dependientes de muchas condiciones, por ejemplo el clima, el estado fenológico de la plantación, la disponibilidad de otros nutrientes, el tejido muestreado y otros factores que pueden definir esa concentración crítica necesaria para que la planta exprese su máximo potencial en una condición dada, observaciones de este tipo fueron realizadas hace ya bastante tiempo, por ejemplo Macy (1936) menciona algunas en su revisión sobre niveles críticos y requerimiento de nutrientes por las plantas.

En el caso concreto del cultivo de la papa, en diferentes regiones del mundo han sido establecidos sus niveles críticos o concentraciones críticas foliares, por lo que en el Cuadro 1 se presenta un resumen de parte de esa información.

Dicha información generada en otras regiones podría ser de utilidad en la interpretación de los análisis foliares realizados en Costa Rica, ya que a nivel nacional no se encontraron estudios en los que se determinen esas concentraciones críticas para nuestras condiciones climáticas, variedades, condiciones locales de suelo, etc.

Como ya se ha mencionado, debido a la variación que puede ocurrir en la concentración de un nutriente según el tejido muestreado para realizar el análisis foliar, es importante la definición de la parte de la planta que debe ser colectada. En el caso de la papa, según lo indica la literatura (Cuadro 1), puede ser utilizado el análisis de pecíolo (Hossner y Doll 1970, Malavolta et ál. 1989, Sharma y Arora 1989, Walworth y Muniz 1993, Reis Jr. 1995, Rocha et ál. 1997) o el análisis de hoja (Sharma y Arora 1989, Pregno y Armour 1992, Gupta y Sanderson 1993, Mills y Jones 1996, Reuter y Robinson 1997, Rocha et ál. 1997, Khiari et ál. 2001), por lo que se debe tomar

Cuadro 1. Concentraciones nutrimentales foliares del cultivo de la papa en Costa Rica durante 2006-2012, resultados de 196 análisis foliares (n=196).

Parámetro		N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Al
		%							mg.kg ⁻¹					
Promedio		5,85	0,34	5,10	0,96	0,49	0,38	83	160	18	72	157	26	130
± D.E.*		±1,42	±0,12	±1,23	±0,41	±0,16	±0,08	±42	±95	±25	±61	±137	±14	±118
Mediana		6,3	0,3	5,31	0,98	0,48	0,39	92	135	15	53	107	24	92
Máximo		7,98	0,82	8,39	2,56	0,8	0,58	261	721	305	380	763	133	795
Mínimo		0,99	0,11	1,15	0,01	0,07	0,11	sd	24	3	10	sd	4	7
Ámbito del 75% de muestras del LSF-CIA/UCR**	Mín.	4,6	0,21	2,6	0,4	0,2	0,3	45	85	9	27	45	18	40
	Máx.	6,9	0,47	6,1	1,4	0,68	0,45	101	250	21	125	290	35	230

*D.E.=Desviación estándar.

**Ámbito en que se encuentra más del 75% de muestras del LSF-CIA/UCR.

precaución de utilizar el correspondiente nivel crítico en la interpretación del análisis.

Normalmente en Costa Rica, para el cultivo de la papa, es utilizado el análisis de la hoja más reciente completamente expandida.

En Costa Rica el Laboratorio de Suelos y Foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas (LSF-CIA/UCR), cuenta con una extensa base de datos de análisis foliares realizados en diferentes cultivos, datos que tienen gran potencial para la evaluación y diagnóstico del estado nutrimental de los diferentes cultivos a nivel nacional.

El objetivo de este trabajo fue efectuar una comparación entre las concentraciones nutrimentales foliares encontradas en Costa Rica para el cultivo de la papa, con las reportadas en la literatura y de esta manera tratar de establecer factores nutricionales que merezcan atención especial en este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En primer lugar se procesó la información existente en la Base de Foliares del LSF-CIA/UCR, y mediante un proceso de

depuración se logró obtener las concentraciones de nutrientes que presentó el cultivo de la papa en el país durante el 2006-2012. Como resultado de la base de datos depurada se obtuvieron 196 análisis foliares.

Del análisis de los 196 datos se determinó la concentración promedio de los diferentes nutrientes, la mediana, el máximo y el mínimo para los análisis foliares de la papa en Costa Rica. Además se estableció el ámbito más ajustado o estrecho, que incluyera más del 75% de los resultados de los análisis foliares de papa encontrados en dicha base de datos.

Por otro lado, se realizó una búsqueda de literatura sobre estudios que reportan niveles críticos foliares para el cultivo de la papa en diferentes partes del mundo, estos datos fueron separados según el tipo de tejido (hoja o pecíolo).

Para cada elemento se identificó el valor de mínimo de concentración reportada entre los niveles críticos de la literatura, para así utilizar esta concentración mínima como comparador contra los contenidos de esos nutrientes encontrados en los análisis foliares de Costa Rica. Además con esos valores mínimos reportados

en la literatura se calculó un promedio del total de datos, el cual también se comparó contra los resultados de análisis realizados en el país.

Posteriormente se compararon los resultados de los análisis foliares realizados en Costa Rica con los niveles críticos reportados en la literatura, y se estableció el porcentaje de muestras que se encontraban por debajo de la concentración crítica inferior y la concentración crítica inferior promedio (niveles críticos).

También, aunque en el país comúnmente se analiza la hoja más joven completamente desarrollada, se presenta la información referente a los NC reportados en la literatura para el análisis de pecíolo, que en caso de analizar este tejido podría ser consultada para su respectiva interpretación del análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra un resumen estadístico descriptivo de los resultados de 196 análisis foliares realizados en el cultivo de la papa en Costa Rica durante el 2006 al 2012, los cuales probablemente sean un reflejo de la actualidad del estado nutrimental del cultivo en el país.

Los resultados de los análisis foliares presentan una gran variación, correspondiente con las diferentes condiciones de suelos y manejo en que se desarrolla el cultivo de la papa en el país.

En los Cuadros 2 y 3 se presentan los niveles críticos o concentraciones foliares críticas mínimas y máximas desarrolladas en diferentes regiones del mundo para el análisis de hoja (Cuadro 2) y pecíolo (Cuadro 3). Además al final de ambos cuadros se destaca el nivel crítico más bajo encontrado entre todas las fuentes de la literatura, y el promedio de todos los niveles críticos o ámbitos de suficiencia (valor inferior del ámbito) reportado por los diferentes autores.

En el Cuadro 4 se establece una comparación entre las concentraciones foliares encontradas en el cultivo de la papa en Costa

Rica con los niveles críticos reportados en la literatura para análisis de la hoja más reciente completamente expandida.

La importancia de este tipo de ejercicio es que permite priorizar las necesidades de atención en uno u otro elemento para un cultivo en concreto, tomando como base la literatura universal.

Como se puede observar en el Cuadro 4, cuando fue utilizado como criterio de interpretación el “NC mínimo” encontrado en los distintos NC reportados en la literatura, para la gran mayoría de los elementos, menos de un 10% de las muestras de papa de Costa Rica estuvieron por debajo de ese límite, lo que indica un nivel de suficiencia general para las condiciones locales. Sólo para el caso del Ca (14%) y del B (55%, o sea más de la mitad de las muestras), un porcentaje mayor de las muestras analizadas en el LSF-CIA/UCR presentaron concentraciones por debajo del NC mínimo reportado en la literatura, condición que se podría haber catalogado como “deficiente”, por medio de ese criterio de interpretación (NC mínimo).

Si se utiliza el otro criterio planteado para la evaluación del contenido foliar de nutrientes en el cultivo de la papa, el “NC mínimo promedio”, el cual tiene la ventaja de trabajar en valores no tan “extremos” como los utilizados en el criterio del NC mínimo encontrado en literatura, se aumenta el número de elementos y el porcentaje en que estos presentaron concentraciones que serían catalogadas como deficientes. Este es el caso de los elementos B, Ca y Mg, todos ellos con más de un 40% de las muestras analizadas reportadas en condición de deficiencia.

Esta situación pone en manifiesto la necesidad de estudios de respuesta a la adición de estos nutrientes, principalmente en suelos con bajo contenido de los mismos, ya que algunos autores han encontrado incrementos en la producción mediante la adición de estos nutrientes, como por ejemplo a la adición de Ca (Simmons y Kelling 1987) y B (Hopkins et ál. 2007).

Cuadro 2. Niveles críticos foliares (Min.) y ámbitos de suficiencia (Min. Y Máx.), reportados en la literatura para interpretar el análisis foliar de la hoja más reciente completamente expandida en el cultivo de la papa.

Referencia	País	NC	%						mg.kg ⁻¹					Época de colecta de muestra
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Mills y Jones 1996	Estados Unidos	Min.	4	0,2	4	0,6	0,5	0,19	25	5	50	30	20	En plantas de 30 cm de altura
		Máx.	6	0,5	12	1	1,5	0,36	50	20	150	450	250	
Mills y Jones 1996	Estados Unidos	Min.	3	0,25	6	1,5	0,7		40	7	40	30	30	Con tubérculos en mitad del llenado
		Máx.	4	0,4	8	2,5	1		70	20	100	250	200	
Reuter y Robinson 1997	Australia	Min.	4,5	0,25	3,5	1	0,25	0,3	30	5	50	50	20	En desarrollo vegetativo
		Máx.	5,5	0,45	5,5	2,5	0,5	0,5	60	20	150	300	50	
Walworth y Muniz 1993		Min.	4	0,2	2,5									Con tubérculos en mitad del llenado
		Máx.												
Rocha et ál. 1997		Min.		0,24										50 días después de emergencia
		Máx.												
Khiari et ál. 2001	Canadá	Min.		0,32										
		Máx.												
Sharma y Arora 1989*		Min.			5									30 días después de emergencia
		Máx.			5,1									
Sharma y Arora 1989*		Min.			4,1									45 días después de emergencia
		Máx.			4,5									
Sharma y Arora 1989*		Min.			3,7									60 días después de emergencia
		Máx.			3,9									
Pregno y Armour 1992	Australia	Min.							24					
		Máx.							26					
Gupta y Sanderson 1993		Min.					0,28							
		Máx.												
NC mínimo encontrado entre todos los autores			3	0,2	2,5	0,6	0,25	0,19	25	5		30	20	--
NC mínimo promedio			3,9	0,24	4,1	1,0	0,48	0,26	32	5,7	47	37	23	--

*Tomados de Reis Jr. e Monnerat (2000).

Cuadro 3. Niveles críticos foliares reportados en la literatura para interpretar el análisis de concentración de nutrientes en el pecíolo del cultivo de la papa.

Referencia	País	NC	%						mg.kg ⁻¹			Época de colecta de muestra	
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn		Zn
Malavolta et ál. 1989	Brasil	Min	3	0,35	5	2	0,75	0,35	40	5			35-45 días después de emergencia
		Máx							50	8			
Walworth y Muniz 1993*		Min	3,10	0,21	6	0,60	0,50	0,21		6	21	21	Con tubérculos en mitad del llenado
		Máx	5	0,50		2,50	1	0,60		30	200	705	
Rocha et ál. 1997*		Min		0,13									50 días después de emergencia
		Máx											
Reis Jr. 1995	Brasil	Min			8,90	0,69	0,65						48 días después de emergencia
		Máx											
Sharma y Arora 1989*		Min			8,10								30 días después de emergencia
		Máx			8,50								
Sharma y Arora 1989*		Min			7,70								45 días después de emergencia
		Máx			8,50								
Sharma y Arora 1989*		Min			7,10								60 días después de emergencia
		Máx			7,60								
Hossner y Doll 1970	Estados Unidos	Min					0,20						6 semanas después de siembra
		Máx											
NC mínimo encontrado entre todos los autores			3	0,13	5	0,6	0,15	0,21	40	5	21	21	--
Promedio del valor mínimo reportado en los ámbitos de suficiencia determinados por diferentes autores			3,05	0,23	7,10	1,10	0,51	0,28	40	5,50	21	21	--

*Tomados de Reis Jr. e Monnerat (2000).

Cuadro 4. Comparación de las concentraciones foliares del cultivo de la papa en Costa Rica (196 muestras) con los niveles críticos reportados en la literatura para análisis de la hoja más reciente completamente expandida.

Parámetro	Tejido	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
		%							mg.kg ⁻¹			
NC mínimo encontrado en literatura	Hoja	3,00	0,20	2,50	0,60	0,25	0,19	40	5	20	30	25
Muestras (%) con concentración bajo el NC mínimo en literatura	Hoja	9%	4%	7%	14%	9%	7%	1%	1%	2%	9%	55%
NC mínimo promedio *	Hoja	3,88	0,24	4,11	1,03	0,48	0,25	47	6	23	37	29,7
Muestras (%) con concentración bajo el NC promedio de literatura	Hoja	9%	15%	15%	51%	41%	8%	3%	1%	4%	9%	68%

* Determinado mediante el cálculo del promedio de los niveles críticos reportados en la literatura, utilizando el valor inferior del ámbito definido por cada autor.

CONCLUSIONES

Se confirma que los datos recopilados de la literatura pueden servir como referencia para la interpretación de los análisis foliares realizados en el país, sin embargo ponen en manifiesto la necesidad de desarrollar niveles críticos foliares, para las condiciones específicas del país y para las variedades que aún son utilizadas.

Además la información muestra posibles líneas de investigación en la nutrición del cultivo a nivel nacional. Sería importante corroborar la posible deficiencia encontrada para elementos como B, Ca y Mg y sus posibles incrementos en la producción mediante su corrección.

LITERATURA CITADA

- BATES T. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: A review. *Soil Science* 112(2):116-130.
- GUPTA U., SANDERSON J. 1993. Effect of sulfur, calcium, and boron on tissue nutrient concentration and potato yield. *Journal of Plant Nutrition* 16(6):1013-1023.

- HOPKINS B., JOLLEY V., WEBB B., ELLSWORTH J., CALLAHAN R. 2007. Boron fertilization in Potato. Western Nutrient Management Conference. Vol. 7. Salt Lake City, UT 215-218 pp.
- HOSSNER L., DOLL E. 1970. Magnesium fertilization of potatoes as related to liming and potassium. *Soil Science Society of America Journal* 34(5):772-774.
- KHIARI L., LÉON-ÉTIENNE P., TREMBLAY N. 2001. The phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. *Agronomy Journal* 93:815-819.
- MACY P. 1936. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Plant Physiol.* 1:749-764.
- MALAVOLTA E., VITTI G., OLIVEIRA S. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 319 p.
- MILLS H., JONES J. 1996. *Plant Analysis Handbook II*. Georgia, MicroMacro Publishing. 422 p.
- OSMAN K. 2013. *Soils: Principles, Properties and Management*. 260 p.
- PREGNO L., ARMOUR J. 1992. Boron deficiency and toxicity in potato cv. Sebago on an Oxisol of the Atherton Tablelands, North Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32(2):251-253.
- REIS Jr.R. 1995. Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica. Viçosa. Tesis de maestría, Universidade Federal de Viçosa, Brasil. 115 p.

- REIS Jr.R., MONNERAT P. 2000. Nutrient concentrations in potato stem, petiole and leaflet in response to potassium fertilizer. *Scientia Agricola* 57(2):251-255.
- REUTER D., ROBINSON J. 1997. Plant analysis: An interpretation manual. Australia, CSIRO. 450 p.
- ROCHA F., FONTES P., FONTES R., REIS F. 1997. Critical phosphorus concentrations in potato plant parts at two growth stages. *Journal of Plant Nutrition* 20:573-579.
- SHARMA U., ARORA B. 1989. Critical nutrient ranges for potassium in potato leaves and petioles. *Journal of Horticultural Science* 64:47-51.
- SIMMONS K., KELLING K. 1987. Potato responses to calcium application on several soil types. *American Potato Journal* 64(3):119-136.
- WALWORTH J., MUNIZ J. 1993. A compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes. *American Potato Journal* 70:579-597.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr