



7. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA NUTRICIÓN DE LA PEONIA

Adolfo Montenegro B.,
Gabriela Chahin A.
Nathalie Luchsinger F.

7.1 Introducción.

La información disponible en la literatura nacional y extranjera sobre la nutrición de la peonía y su fertilización es muy escasa, siendo posible señalar aquella generada por Sáez (2012) y por Valencia y Sáez (2001, citados por Sáez, 2012). Una proporción importante de la información disponible a nivel nacional proviene de estudios realizados en la Región de Magallanes, por estos mismos autores. Dado por una parte el creciente interés a nivel nacional por este rubro y por otra la escasa información disponible sobre la nutrición de la planta, se realizaron estudios sobre esta materia en las temporadas 2009 y 2010, en la Región de La Araucanía.

Particularmente se abordan aspectos de nutrición de la planta, tales como concentración y demanda de nutrientes para una determinada productividad de varas comerciales, en función de la biomasa total de ésta al estado de botón maduro (cosecha). Se analizan también aspectos de manejo de la fertilización de la planta en función de la información existente en la literatura y de aquella generada en la Región de La Araucanía. Además, se proporcionan antecedentes de carácter general que contribuyen al conocimiento del comportamiento de esta planta.

7.2 Nutrición de las plantas: rol de los nutrientes.

El crecimiento de las plantas requiere de nutrientes esenciales para su funcionamiento. En la actualidad se consideran 17 elementos esenciales (Alcántar *et al.*, 2007), que cumplen los siguientes requisitos: 1) con su ausencia no es posible un desarrollo normal de la planta y ella es incapaz de completar su ciclo vital; 2) Los síntomas de deficiencia se corrigen únicamente cuando la planta se abastece con el elemento correspondiente; y 3) las funciones o su influencia sobre el metabolismo deben ser conocidas.

Los nutrientes se clasifican en macro y micronutrientes, en base a la cantidad en que se encuentran en los tejidos vegetales. Entre los macronutrientes se ubica el carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg), dado que su concentración en el tejido vegetal seco es superior a 1000 mg kg⁻¹. Entre los micronutrientes se encuentra el cloro (Cl), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), cinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo) y níquel (Ni), cuya concentración en dicho tejido es inferior a 500 mg kg⁻¹. Los límites anteriormente señalados son arbitrarios, pero son comúnmente aceptados (Alcántar *et al.*, 2007). El carbono, hidrógeno y oxígeno, aún cuando participan en la constitución de compuestos orgánicos y en el metabolismo vegetal, no se incluyen en la fertilización porque presentan una amplia disponibilidad en la atmósfera, como oxígeno molecular (O₂) y dióxido de carbono (CO₂) y en el agua (H₂O) (Sáez, 2012). Los micronutrientes se requieren en pequeña cantidad, pero si no se encuentran disponibles en una cantidad adecuada afectan el metabolismo de las plantas, al igual de lo que ocurre con la deficiencia de un macronutriente. Los nutrientes se encuentran en distintas formas iónicas en la solu-



ción del suelo desde donde son absorbidos como cationes o aniones por las raíces de las peonías (Sáez, 2012).

7.2.1 Funciones de los nutrientes esenciales.

Éstas se describen a nivel general en base a antecedentes existentes en la literatura extranjera, correspondientes a distintos autores citados por Montenegro *et al.*, (2011).

Nitrógeno.

Es un componente de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos (Mengel y Kirkby, 1987; Marschner, 1995; Alcántar *et al.*, 2007), y está presente en coenzimas, nucleótidos, amidas, ureidos y en la clorofila (Alcántar *et al.*, 2007); participa en procesos de absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis, multiplicación y diferenciación celular, herencia y metabolismo (Alcántar *et al.*, 2007).

Fósforo.

Forma parte de los ácidos nucleicos (ARN y ADN) (Mengel y Kirkby 1987; Marschner, 1995; Benton, 1998; Alcántar *et al.*, 2007), participa en la síntesis de proteínas (Mengel y Kirkby 1987; Benton, 1998; Alcántar *et al.*, 2007), e interviene en todos los procesos metabólicos de transferencia de energía (Alcántar *et al.*, 2007).

Potasio.

Actúa como activador o cofactor de más de 50 enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas, participa en el equilibrio iónico y en la regulación osmótica (Alcántar *et al.*, 2007), como así también en el transporte de azúcares (Marschner, 1995; Benton, 1998), en su acumulación (Benton, 1998) y en la fotosíntesis (Marschner, 1995; Benton, 1998; Alcántar *et al.*, 2007).

Calcio.

Mantiene la integridad de las paredes celulares y la permeabilidad de la membrana celular y es uno de los principales selectores del ingreso de nutrientes a la célula (Benton, 1998); contribuye a la detoxificación de metales pesados (Benton, 1998) y al balance de cationes y aniones, y participa como activador de la elongación y multiplicación celular de tejidos meristemáticos (Alcántar *et al.*, 2007).

Magnesio.

Participa como cofactor o activador en muchas reacciones enzimáticas, asociándose al ATP en la transferencia de energía y es un componente de la clorofila (Alcántar *et al.*, 2007); participa en procesos de absorción de iones, fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, síntesis orgánica, balance electrolítico (Alcántar *et al.*, 2007) y síntesis de proteínas (Benton, 1998).

Azufre.

Es un constituyente de los aminoácidos esenciales cisteína, cistina, y metionina (Mengel y Kirkby, 1987; Marschner, 1995; Alcántar *et al.*, 2007) y de las vitaminas biotina y tiamina y de la coenzima A (CoA) (Mengel y Kirkby, 1987; Alcántar *et al.*, 2007); participa en la fotosíntesis, respiración y síntesis de proteínas (Alcántar *et al.*, 2007).



Manganeso.

Es constituyente de algunas enzimas y activador de descarboxilasas y deshidrogenasas de la respiración y cataliza la liberación de oxígeno en la fotólisis del agua; participa en la absorción de iones, fotosíntesis, respiración y síntesis de proteínas (Alcántar *et al.*, 2007).

Hierro.

Es un componente de varias enzimas y ejerce un rol importante en la transferencia de electrones (reacciones redox); participa en la síntesis de clorofila y en el funcionamiento y estructura del cloroplasto, como también en la fotosíntesis, respiración, asimilación de N y S (Alcántar *et al.*, 2007).

Zinc.

Es un componente esencial y activador de numerosas enzimas y es necesario para la biosíntesis de clorofila y ácido indolacético (Marschner, 1995; Alcántar *et al.*, 2007); participa en la respiración, (Alcántar *et al.*, 2007), síntesis de proteínas (Marschner, 1995; Alcántar *et al.*, 2007), transformación de azúcares a almidón, metabolismo de proteínas y auxinas (Benton, 1998; Alcántar *et al.*, 2007).

Cobre.

Es un componente y activador de muchas enzimas; participa en la fotosíntesis, respiración y regulación hormonal de las plantas (Alcántar *et al.*, 2007).

Boro.

Participa en la absorción de iones, transporte de carbohidratos, síntesis de lignina, síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, y en la fotosíntesis (Alcántar *et al.*, 2007).

Molibdeno.

Es un constituyente de la nitrato reductasa y de la nitrogenasa (Alcántar *et al.*, 2007); participa en la asimilación de N.

Cloro.

Participa en la fotólisis del agua, en el proceso de fotosíntesis, y actúa como anión acompañante del potasio (junto a malato) en la apertura y cierre de estomas (Alcántar *et al.*, 2007).

Níquel.

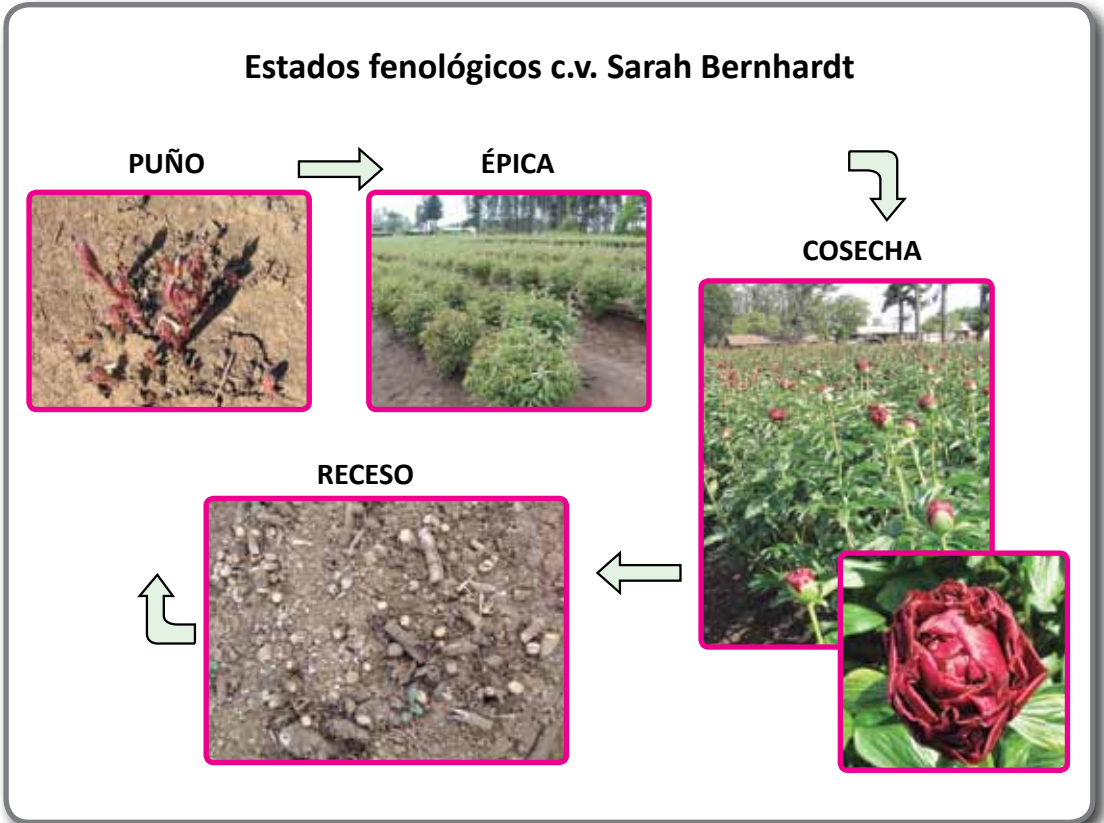
Es un constituyente de la enzima ureasa; participa en el metabolismo del nitrógeno (Alcántar *et al.*, 2007).

7.3 Estados fenológicos de la peonía.

La fenología según indica Sáez (2012) es el estudio de los eventos periódicos que ocurren en forma natural a través del ciclo vital de las plantas, de modo tal que la obtención de los estados fenológicos independiza el tiempo cronológico del tiempo fisiológico. Los estados fenológicos ocurren siempre en un cultivo en todas las zonas productoras, pero su aparición y duración difiere por las condiciones climáticas imperantes en cada agroecosistema en particular. Ellos son los siguientes en el caso de la peonía: yema, puño, hoja extendida, épica, botón prematuro (botón precosecha), botón maduro (cosecha), poscosecha, senescencia (predormancia) y dormancia (receso). En el diagrama siguiente se aprecia la secuencia fotográfica de algunos estados fenológicos del c.v. de peonía Sarah Bernhardt, en la Región de La Araucanía.



Para una mejor comprensión del texto, se describen las características de algunos estados fenológicos de la peonía, en base a lo señalado por Sáez (2012).



Puño: estado en que se abren las vainas de las yemas y aparecen los primeros tallos con sus hojas semejando un puño; luego las hojas se van desenrollando y se aumenta lentamente la velocidad de absorción de agua del medio externo.

Épica: etapa en la cual las células multiplicadas y especializadas durante la fase de hoja extendida comienzan a crecer, aumentando su tamaño considerablemente hasta que la tasa de crecimiento diario es máxima. Se caracteriza por el máximo crecimiento vegetativo y porque los botones florales (5-10 mm de diámetro) y el follaje se encuentran prácticamente a la misma altura.

Botón maduro (cosecha): etapa en que el botón está en su punto de corte, todavía con el cáliz cerrado o mostrando color dependiendo de la variedad. Ocurre antes de la flor abierta y con sus semillas maduras. La cosecha de la peonía en general tiene una duración entre 15 a 30 días, dependiente de la variedad, ubicación geográfica y temperatura de la primavera.

Dormancia (receso): esta etapa empieza después de la senescencia y finaliza luego de un determinado número de horas-frío que rompen la organización hormonal interna que determina la dormancia y permite a las plantas brotar. Se caracteriza porque la planta se encuentra en receso metabólico para hacer frente a las bajas temperaturas de invierno. En el caso de condiciones aún adversas luego de cumplida la dormancia, la planta se mantiene en estado de pos-dormición hasta que la suma térmica sea adecuada para la brotación.



7.4 Antecedentes generales de los ensayos en INIA.

El huerto de peonías de 11 años de edad del cultivar Sarah Bernhardt se encuentra establecido con una densidad de 10.000 plantas ha⁻¹ (distancia de plantación 1 x 1 m) en un suelo trumao, bajo condiciones de riego, ubicado en INIA Carillanca, en la comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

7.4.1 Condiciones edafoclimáticas del huerto de peonía.

a) Suelo.

El suelo del huerto es un trumao (andisol) de la serie Vilcún caracterizado, en general, por presentar una topografía plana a casi plana, una textura superficial franco limosa, una permeabilidad y drenaje moderado y es ligeramente profundo (CIREN, 2002). La caracterización química de este suelo se muestra en el cuadro 1, destacando su nivel medio de disponibilidad de fósforo y su bajo nivel de saturación de aluminio, entre otros aspectos.

Cuadro 1. Caracterización química del suelo del Centro Regional INIA Carillanca, 2009.

Parámetro químico	Valor parámetro
Fósforo disponible, mg kg ⁻¹	13,4
pH agua	5,7
pH Ca Cl ₂	5,2
Materia orgánica, %	17,4
Nitrógeno disponible, mg kg ⁻¹	29
Calcio intercambiable, cmol(+) kg ⁻¹	7,00
Magnesio intercambiable, cmol(+) kg ⁻¹	1,10
Potasio intercambiable, cmol(+) kg ⁻¹	0,31
Sodio intercambiable, cmol(+) kg ⁻¹	0,40
Aluminio intercambiable, cmol(+) kg ⁻¹	0,06
CICE*, cmol(+) kg ⁻¹	8,87
Saturación Aluminio, %	0,65
Zinc disponible, mg kg ⁻¹	2,2
Hierro disponible, mg kg ⁻¹	48,0
Cobre disponible, mg kg ⁻¹	1,4
Manganeso disponible, mg kg ⁻¹	2,7
Boro disponible, mg kg ⁻¹	0,9
Azufre disponible, mg kg ⁻¹	6

* Capacidad de intercambio catiónico efectiva.



b) Clima.

Como antecedente de interés se proporciona información climática generada en la Estación Meteorológica del Centro Regional de Investigación Carillanca de INIA, correspondiente al período en que se desarrolló el estudio de nutrición de la peonía.

- **Horas-frío.**

Corresponden a aquellas obtenidas diariamente bajo un umbral de temperatura de 7 °C, o entre 0 y 7 °C, que se expresan acumuladas mensualmente, anualmente o por períodos determinados del ciclo anual de las plantas (Sáez, 2012), siendo la más efectiva para terminar con la dormición aquella inferior a 7 °C, y preferentemente sobre 0 °C. La peonía requiere aproximadamente 1.000 horas frío para lograr un buen desarrollo de tallos florales. En Carillanca hubo 1.400 horas-frío entre 0 y 7 °C, en las temporadas 2009 y 2010, entre el estado de dormancia (receso) y botón maduro (cosecha) del c.v. de peonía Sarah Bernhardt, cumpliéndose ampliamente el requisito de horas-frío señaladas por Sáez (2012).

- **Acumulación térmica.**

Es la suma de temperaturas sobre un umbral de crecimiento (5 °C) para especies de zonas templadas. Se obtiene de la diferencia entre la temperatura media diaria y la temperatura umbral indicada, correspondiendo cada grado de diferencia sobre la temperatura umbral a “1 grado-día” (Sáez, 2012).

La suma térmica (grados-día sobre 5 °C) necesaria para llegar a la cosecha, a partir de la brotación (septiembre a noviembre) es de 743 grados-día, en promedio, para distintas regiones productoras de peonías en el país (Sáez, 2012). Sin embargo, en La Araucanía (Valle Central-sur, Carillanca) la suma térmica en el período septiembre-noviembre de 2009 y 2010 fue de 413 y 437 grados-día, respectivamente, que es considerablemente menor a la señalada por Sáez (2012). A pesar de ello, se obtuvo una alta producción de varas comerciales por hectárea con plantas adultas del c.v. Sarah Bernhardt.

7.5 Concentración de nutrientes.

La concentración de nutrientes en la biomasa de la peonía depende de la variedad, edad de la planta, densidad de plantación, condiciones edafoclimáticas, manejo, estado fenológico y órgano de la planta.

En la Región de La Araucanía (temporada 2009), se utilizó una fertilización anual para la peonía de: 150 kg de N ha⁻¹ (fraccionado), 200 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (fraccionado), 200 kg K₂O ha⁻¹ (fraccionado), 1 kg B ha⁻¹ y 1 ton de carbonato de calcio ha⁻¹. La fertilización anual NPK se incrementó en 50 unidades ha⁻¹ a partir de la cosecha de varas comerciales del año 2009, hecho que marca un nuevo ciclo de fertilización de la planta. Las concentraciones de macro y micro nutrientes obtenidas en esta temporada, por órgano al estado de botón maduro (en función de la biomasa seca) permiten obtener la denominada “concentración ponderada” de éstos, materia que se analiza en detalle a continuación.

7.5.1 Concentración ponderada de los nutrientes.

La concentración ponderada de cada nutriente denominada también “requerimiento interno del nutriente” (Sáez, 2012), se obtiene cuando la planta de peonía alcanza su biomasa máxima en el estado fenológico de botón maduro (cosecha). Para su obtención se considera la concentración de cada nutriente en particular, en cada órgano de la planta (Cuadros 2 y



3), la cual es multiplicada por el coeficiente de reparto de la respectiva biomasa seca de éste respecto del total de ella; representando la sumatoria de ello la “concentración ponderada del nutriente”. El coeficiente de reparto de la biomasa seca de cada órgano se obtiene al dividir la cantidad de biomasa seca de éste por la biomasa seca total de la planta (Cuadro 4).

La concentración ponderada o requerimiento interno de macro y micronutrientes de la peonía c.v. Sarah Bernhardt, en las condiciones del Valle Central (sur) de La Araucanía, en la temporada 2009 (Cuadro 5) sería una constante para cada especie (Sáez, 2012, citando a Greenwood, 1978) y se utiliza para establecer la demanda de nutrientes de la planta y también para estimar la dosis de fertilización del cultivo.

El requerimiento interno de nitrógeno (RIN) de la peonía es ligeramente superior al de calcio (RiCa) y el de ambos al de potasio (RIK), siendo claramente mayores que el de otros macronutrientes y micronutrientes en la planta. La jerarquía de la concentración ponderada o requerimiento interno de nutrientes en la planta de peonía, c.v. Sarah Bernhardt, en orden decreciente, es: RIN > RiCa > RIK > RIMg > RIP > RIS > RIFE > RIB > RIZn > RIMn > RiCu.

Cuadro 2. Concentración de macronutrientes (%) en la biomasa seca de los órganos de la peonía, al estado de botón maduro (cosecha)*, en el Valle Central de La Araucanía, 2009,**.**

Órgano	Concentración (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Corona	0,65	0,07	0,31	0,99	0,09	0,05
Raíces	0,47	0,068	0,36	0,78	0,09	0,05
Tallos	0,69	0,11	0,98	0,57	0,08	0,04
Hojas	2,27	0,17	0,87	0,99	0,23	0,14
Botones	1,32	0,20	1,18	0,23	0,13	0,09

* 10-11 Diciembre 2009. ** Plantas adultas de 11 años de edad del c.v Sarah Bernhardt (10.000 plantas ha⁻¹).

*** Varas comerciales planta⁻¹: 11,8.

El requerimiento interno de nitrógeno (RIN) de las plantas de peonía adulta (11 años), c.v. Sarah Bernhardt, en las condiciones de La Araucanía en la temporada 2009 fue de 0,83 %, muy similar al logrado para la variedad de peonía Top Brass en la Región de Magallanes (plantas de 6 años), en la temporada 2001, que fue de 0,89 % (densidad de plantación de 13.000 plantas ha⁻¹ y una producción de 6 varas comerciales por planta) (Valencia y Sáez, 2001, citado por Sáez, 2012).

Cuadro 3. Concentración de micronutrientes (mg kg⁻¹) en la biomasa seca de los órganos de la peonía, al estado de botón maduro (cosecha)*, en el Valle Central de La Araucanía, 2009,**.**

Órgano	Concentración (mg kg ⁻¹)				
	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Corona	6,2	552,0	23,1	27,4	23,6
Raíces	2,7	139,4	7,3	14,2	14,5
Tallos	3,7	23,0	5,6	12,6	14,9
Hojas	4,9	66,6	19,8	23,2	33,5
Botones	3,4	30,3	9,4	18,5	16,6

* 10-11 Diciembre 2009. ** Plantas adultas de 11 años de edad del c.v. Sarah Bernhardt (10.000 plantas ha⁻¹).

*** Varas comerciales planta⁻¹: 11,8.

Cuadro 4. Producción de biomasa seca total y por órganos de la peonía, c.v. Sarah Bernhardt, en el estado de botón maduro (cosecha)*. Valle Central de La Araucanía, 2009,**.**

Órgano	Producción de biomasa seca (gramos planta ⁻¹)	Producción de biomasa seca (kg ha ⁻¹)
Corona	339	3.390
Raíces	1.313	13.130
Tallos	192	1.920
Hojas	353	3.530
Botones	126	1.260
Total	2.323	23.230

* 10-11 Diciembre de 2009. ** Plantas adultas de 11 años de edad (10.000 plantas ha⁻¹). *** Varas comerciales planta⁻¹: 11,8.

El requerimiento interno de fósforo (RIP) y de potasio (RIK) de la peonía, c.v. Sarah Bernhardt, en la Región de La Araucanía, fue de 0,094 y 0,53 %, respectivamente; siendo ellos similares a los obtenidos en la Región de Magallanes con la variedad Top Brass (0,12 y 0,60 %, respectivamente). En la temporada 2010 el requerimiento interno de nitrógeno, fósforo y potasio de la peonía c.v. Sarah Bernhardt aumentó levemente respecto del alcanzado en



el año 2009, siendo éste de 0,87 %, 0,109 % y 0,59 %, respectivamente. No obstante ello, continúan siendo similares a los señalados en la temporada 2009 en La Araucanía y a los informados por Valencia y Sáez (2001, citado por Sáez, 2012), en la Región de Magallanes, a pesar de corresponder a cultivares diferentes. Este hecho podría avalar que los valores de estos parámetros serían característicos de la especie.

Cuadro 5. Concentración ponderada (requerimiento interno) de macro y micronutrientes, al estado de botón maduro (cosecha)*, en la biomasa seca total del c.v. de peonía Sarah Bernhardt, en el Valle Central de La Araucanía, 2009,***.**

Macronutriente	Concentración ponderada (%)	Micronutriente	Concentración ponderada (mg kg ⁻¹)
Nitrógeno (N)	0,83	Cobre (Cu)	3,7
Fósforo (P)	0,094	Hierro (Fe)	173,0
Potasio (K)	0,53	Manganeso (Mn)	11,5
Calcio (Ca)	0,80	Zinc (Zn)	17,6
Magnesio (Mg)	0,11	Boro (B)	18,9
Azufre (S)	0,065		

* 10-11 Diciembre 2009. ** Plantas adultas de 11 años de edad (10.000 plantas ha⁻¹). *** Varas comerciales planta⁻¹: 11,8.

La ligera variación en los requerimientos internos de nitrógeno, fósforo y potasio podría corresponder a un reflejo de la mayor fertilización proporcionada a la planta en la temporada anterior, luego de la cosecha de varas comerciales de las plantas y previo al receso, como también de aquella aplicada al estado de emergencia en la temporada 2010.

El requerimiento interno de calcio (0,80 %) de esta planta en La Araucanía (temporada 2009) es muy similar al de nitrógeno y superior al de los otros nutrientes; su valor aumentó levemente en la temporada 2010 (0,86 %), siendo sin embargo ambos muy similares. El RI Mg y el RIS determinado en la temporada 2009 (0,11 y 0,065, respectivamente) es claramente menor al de los otros macronutrientes; su valor aumentó también levemente en la temporada 2010 (0,13 y 0,09 %, respectivamente).

Los requerimientos internos de micronutrientes de esta planta en La Araucanía son notoriamente inferiores a los de macronutrientes, destacando el de hierro entre los primeros. Dichos requerimientos también aumentaron levemente en la temporada 2010.

El aumento de los valores de los requerimientos internos podría ser explicado en parte por el efecto acumulativo de la fertilización aplicada a la plantación de peonía en 2009 y 2010, como ya se señaló anteriormente y también por la utilización de sulpomag como fuente portadora de potasio que además incluye azufre y magnesio y por la adición de carbonato de calcio.



No existen antecedentes en la literatura sobre los requerimientos internos de calcio, magnesio, azufre y de micronutrientes de esta planta, siendo la información presentada en este capítulo la primera sobre la materia. El requerimiento interno de nutrientes es un importante parámetro a considerar en la determinación de la demanda de nutrientes de la planta.

7.6 Demanda de nutrientes.

La demanda de nutrientes de la peonía depende de la variedad, edad de la planta, densidad de plantación, condiciones edafoclimáticas, manejo y estado fenológico de la planta. Se determina cuando la planta se encuentra en el estado de cosecha según Sáez (2012) en que ocurre la máxima acumulación de biomasa. Según este autor (2012) la demanda corresponde a los requerimientos de nutrientes de las plantas durante su período anual de crecimiento; cualquier nutriente esencial cuyo nivel de disponibilidad en el suelo no permita satisfacer las necesidades de la planta establece un déficit nutricional y una disminución de la tasa de crecimiento.

La demanda de nutrientes de la peonía c.v. Sarah Bernhardt (expresada en kg ha⁻¹) obtenida al estado de botón maduro, en las condiciones del Valle Central de La Araucanía (temporada 2009), para una biomasa seca de 23.230 kg y una producción de 11,8 varas comerciales planta⁻¹, se obtuvo al multiplicar el valor de ésta por el del requerimiento interno del respectivo nutriente dividido por 100 (macronutriente) o por 1.000.000 (micronutriente), (Cuadro 6).

Cuadro 6. Demanda de nutrientes, al estado de botón maduro (cosecha)*, del c.v. de peonía Sarah Bernhardt, en el Valle Central de La Araucanía, 2009.**

Macronutriente	Demanda (kg ha-1)	Micronutriente	Demanda (kg ha-1)
Nitrógeno (N)	193	Cobre (Cu)	0,09
Fósforo (P)	22	Hierro (Fe)	4,02
Potasio (K)	123	Manganeso (Mn)	0,27
Calcio (Ca)	186	Zinc (Zn)	0,41
Magnesio (Mg)	26	Boro (B)	0,44
Azufre (S)	15		

* 10-11 Diciembre 2009. ** Plantas adultas de 11 años de edad (10.000 plantas ha⁻¹)

La demanda de nitrógeno, fósforo y potasio de este cultivar de peonía duplicó aquella alcanzada con la variedad Top Brass (plantas de 6 años) en las condiciones de la Región de Magallanes (2001). La mayor biomasa obtenida en la Región de La Araucanía, como así también la diferente variedad y edad de la planta y condición edafoclimática existente en ambas regiones, contribuiría a explicar la mayor demanda por estos nutrientes en la Región de La Araucanía. Respecto de la demanda de calcio, magnesio, azufre y micronutrientes de la peo-





nía no existen antecedentes publicados en la literatura nacional y extranjera para realizar un análisis comparativo. La jerarquía de la demanda de nutrientes de la peonía cv. Sarah Bernhardt, en orden decreciente es: N > Ca > K > Mg > P > S > Fe > B > Zn > Mn > Cu.

Según Sáez (2012) la demanda bruta de nutrientes por las plantas proviene de los nutrientes requeridos para el crecimiento anual de la parte aérea más el crecimiento anual de la corona que permanece en el suelo. Menciona además que, la demanda neta correspondería a la demanda bruta menos las reservas nutricionales almacenadas en las coronas.

Sáez (2012) señala que la retranslocación de nutrientes, luego de la brotación y emergencia de los tallos, representa un 47 % del N, 45 % del P y 50 % del K de la demanda de éstos en la cosecha, e indica una fórmula a utilizar para nitrógeno (N):

$$DNn = DNb - RT_N, \text{ siendo}$$

DNn = demanda neta (kg N ha⁻¹)

DNb = demanda bruta (kg N ha⁻¹)

RT_N = retranslocación (kg N ha⁻¹)

También menciona que esta fórmula puede utilizarse para calcular la demanda neta de P y K; aspecto que no ha sido estudiado para las condiciones de la Región de La Araucanía.

7.7 Suministro de nutrientes.

El término se refiere a la disponibilidad de nutrientes en el suelo para las plantas, determinada mediante un “análisis químico del suelo”. En base a métodos específicos de determinación de dicha disponibilidad y de su relación con la respuesta de las plantas, se establecieron categorías de disponibilidad: bajo, medio, alto y muy alto; o también: suficiente o insuficiente, como menciona Sáez (2012). Con el nivel insuficiente ocurriría una disminución del crecimiento dada una baja disponibilidad del nutriente en el suelo, y con aquel considerado suficiente se obtiene el crecimiento óptimo alcanzable.

Sáez (2012) indica niveles suficientes de disponibilidad para algunos nutrientes en el suelo en base a información de Rodríguez *et al.* (2001) (Cuadro 7), señalando que ellos pueden considerarse para determinar la fertilización, corrigiendo niveles deficientes en el suelo, en el caso de aquellos que tienen efecto residual.

Cuadro 7. Niveles de disponibilidad suficiente de algunos nutrientes en el suelo (Sáez 2012).

Nutriente	Nivel suficiente (mg kg ⁻¹)
P	20
K	180
Mg	30
S	16
B	1
Mn	1
Fe	2,5
Zn	1
Cu	0,5



7.8 Fertilización.

Existen dos tipos de fertilización los cuales están referidos al momento de realización de ella, y que son: fertilización de fondo y fertilización en una plantación establecida.

7.8.1. Fertilización de fondo.

La fertilización de fondo es aquella realizada previo a la plantación para la corrección de los niveles de disponibilidad de nutrientes en el suelo (determinados por un “análisis del suelo”), previo a iniciar las labores de “preparación de suelo” para la plantación (Sáez, 2012). Con esta fertilización es posible corregir aquellos nutrientes deficitarios (se encuentran bajo el nivel de suficiencia) en el suelo. En el caso de fósforo, la dosis a aplicar depende del tipo de suelo y de su nivel de disponibilidad de P (método de Olsen).

Los fertilizantes en la “fertilización de fondo” pueden aplicarse en la línea de plantación (surco) y taparse con un arado con otro surco paralelo (Sáez, 2012) y de ahí proceder a la “plantación”. Una forma más eficiente es aplicar los fertilizantes en el hoyo de plantación, en mezcla con suelo, depositándose una parte de ella en el fondo de éste (50-60 %) y el resto colocarse alrededor de la raíz de la planta nueva, sin contacto directo con ella, al momento de la plantación (Chahin, 2012).

En base a lo informado por Chahin (2012), se recomiendan aplicaciones de fertilización fosfatada en el hoyo de plantación, en una dosis de $450 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$, para suelos trumaos con nivel medio de disponibilidad de P (Olsen) en el Valle Central de La Araucanía. Estas se ubican, en general, en el rango indicado por Rodríguez *et al.* (2001) para la condición de corrección de P desde el nivel medio hasta el de suficiencia de éste en el suelo. La alta retención de fósforo de los suelos volcánicos explicaría la elevada cantidad de fertilización fosfatada a aplicar en estos suelos para satisfacer las necesidades del nutriente por parte de las plantas. Es posible mencionar que en el horizonte A de los andisoles del sur de Chile se han reportado valores de retención de P entre 70 y 99 % (Pino *et al.*, 1998; Besoain y Sadzawka, 1999) y que en los suelos de la Región de La Araucanía también se han informado valores de retención de este nutriente superiores a 70 % (Sadzawka *et al.*, 1999).

Al respecto, cabe indicar también que Rodríguez *et al.* (2001) determinaron la dosis anual de corrección permanente de fósforo para alcanzar el nivel de suficiencia en diferentes grupos de suelo del país (sin considerar la dosis de mantención) ya fuese ello realizado para una estrategia de un año o de tres años de fertilización. Por ejemplo, señalan para el primer caso, en suelos rojos arcillosos, con niveles de aluminio extractable mayores a 400 mg kg^{-1} , y delta P Olsen de 2, 4, 6 y 10 mg kg^{-1} , las siguientes dosis de fósforo a aplicar: 95, 185, 280 y $465 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Para suelos trumaos (andisoles) con niveles de aluminio extractable entre 400 y 800 mg kg^{-1} y mismo delta P Olsen, indican dosis a aplicar de 105, 215, 320 y $535 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Dado que estos valores son elevados su aplicación también puede realizarse en una estrategia de tres años (segundo caso). En suelos rojo arcillosos, con el mismo delta P Olsen, ello significaría aplicar anualmente durante 3 años 40, 75, 110 y $185 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente; y en el caso de suelos trumaos correspondería adicionar 40, 80, 120 y $200 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. El término “Delta P Olsen” corresponde a la diferencia entre el nivel de P disponible en el suelo y el nivel de suficiencia a alcanzar de 20 mg kg^{-1} , determinado por el método de Olsen.

Por otra parte, para las condiciones de la Región de La Araucanía, se recomiendan aplicaciones de fertilización potásica de 200-250 $\text{kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$ en el “hoyo de plantación”, en suelos trumaos con niveles bajos y bajos a medios de disponibilidad de K (Chahin, 2012). Sáez



(2012), a la vez, indica recomendaciones de fertilización potásica de 100 y 200 kg de K_2O ha^{-1} para suelos arenosos y arcillosos, respectivamente. También menciona una dosis general para corrección de otros nutrientes que estén deficitarios, según el análisis de suelo: 180 kg ha^{-1} de sulfato de magnesio, 250 kg ha^{-1} de sulfato de calcio, 20 kg ha^{-1} de boronatrocalcita, 20 kg ha^{-1} de sulfato cúprico, 40 kg ha^{-1} de sulfato de zinc, 80 kg ha^{-1} de sulfato de manganeso y 60 kg ha^{-1} de quelato de hierro.

En aquellos casos en que corresponda aplicar enmiendas calcáreas, ya sea por niveles medios altos o muy altos de saturación de aluminio del suelo (Región de La Araucanía) o de pH al agua inferior a 5,5 en el suelo en otras regiones (según análisis de suelo), ello debe realizarse antes del último rastraje e incorporarse en el suelo con esta labor. Es recomendable realizar esta operación 30-45 días antes de la plantación.

Es preciso señalar que el “análisis de suelo” es una herramienta fundamental para la caracterización química del suelo del sitio de plantación de la peonía, que incluya macro y micronutrientes, como así también a otros parámetros que contribuyen, junto a los anteriores, al conocimiento de la fertilidad del suelo [materia orgánica, pH, aluminio de intercambio, saturación de aluminio, capacidad de intercambio catiónico, aluminio extractable (en acetato de amonio pH 4,8), etc.]. Esta herramienta es un factor importante a considerar para determinar la fórmula de fertilización y dosis de ella a utilizar en cada caso en particular.

7.8.2 Fertilización en huertos establecidos.

Esta fertilización debe efectuarse anualmente y ser establecida en base al análisis de suelo, diagnóstico foliar, sintomatología visual, y al conocimiento del cultivo. Lo más adecuado es realizar, previo a la plantación, la corrección de las deficiencias de nutrientes en el suelo vía fertilización de fondo y de ahí en las temporadas siguientes monitorear anualmente el nivel de fertilidad del suelo y realizar las correcciones de nutrientes que sea necesario.

7.8.2.1. Fertilización nitrogenada.

En general, la fertilización nitrogenada está determinada por la demanda del nutriente de la planta de peonía y por el suministro del suelo. De acuerdo a lo señalado por Sáez (2012) el suministro de nitrógeno del suelo está dado por su capacidad de mineralización, que a su vez depende de la cantidad de residuos orgánicos aportados por el historial de cultivo del sector de la plantación. Este es bajo en suelos con historial de cultivos anuales, siendo su capacidad de mineralización entre 20 y 40 kg de N ha^{-1} , según sea el manejo de los residuos de cosecha. Por el contrario, es alto en suelos después de un manejo prolongado con praderas (60-100 kg de N ha^{-1}) e intermedio en suelos con historial de manejo de cultivos y praderas (40-60 kg de ha^{-1}). La dosis de nitrógeno, expresada en kg de N ha^{-1} , correspondería a la diferencia entre la demanda del nutriente y el suministro de éste dividida por la eficiencia de la fertilización nitrogenada, que es de 50 % en el caso de aplicarse en cobertera.

Sáez (2012) menciona además que la demanda neta de nitrógeno corresponde a la demanda bruta menos la retranslocación del nutriente, para efectos de estimar la dosis de fertilización de peonía en función de una determinada biomasa seca. A modo de ejemplo, indica para el caso de una biomasa seca total de 18.000 kg ha^{-1} , una demanda bruta de 160 kg de N ha^{-1} [obtenida al multiplicar la biomasa seca total por el requerimiento interno de N (RIN)], a la cual se le resta la retranslocación del nutriente obteniéndose así la demanda neta (estimada en 50 % del valor de la demanda bruta: 80 kg de N ha^{-1}). Luego procede a restar el suministro de N del suelo (20 kg de N ha^{-1}). De este modo se genera un producto (60 kg de N ha^{-1}) que se



divide por la eficiencia de la fertilización nitrogenada (50 %), determinándose para este caso una dosis de nitrógeno de 120 kg ha^{-1} .

Al considerar esta fórmula de cálculo para la fertilización nitrogenada, en las condiciones del valle central de La Araucanía, para una biomasa seca de $23.230 \text{ kg ha}^{-1}$ y una demanda bruta de $193 \text{ kg de N ha}^{-1}$, ello significaría una demanda neta de $97 \text{ kg de N ha}^{-1}$, que restado el valor del suministro de N del suelo ($20 \text{ kg de N ha}^{-1}$) genera un déficit de $77 \text{ kg de N ha}^{-1}$, el cual al ser dividido por la eficiencia de la fertilización N (50 %) determinaría una dosis total de $154 \text{ kg de N ha}^{-1}$ a aplicar al cultivo.

Para definir el tipo de fertilización y la cantidad de ella a aplicar en un huerto de peonía dado, es necesario conocer la fertilidad del suelo en que éste se encuentra a través del análisis de suelo y con el análisis foliar de la peonía. Si el nivel de disponibilidad de algún nutriente dado, o de varios de ellos, se encuentra bajo el nivel de suficiencia en el suelo (tema analizado anteriormente), establecido para cultivos en general, es necesario aplicar una fertilización que los incorpore. Con ello se permitiría la expresión del potencial productivo de la planta, manteniendo eso sí condiciones adecuadas de manejo (controles fitosanitarios, riego, entre otros). Ello además puede realizarse en función del análisis foliar cuando la concentración de un nutriente dado se encuentre bajo el estándar nutricional; o bien realizarse en base al uso combinado del análisis de suelo y del análisis foliar.

A modo de ejemplo, en base al análisis de suelo (Cuadro 1) y luego también al foliar en conjunto con el anterior, se determinó una fórmula de fertilización para plantaciones adultas de peonía c.v. Sarah Bernhardt, en el suelo trumao Vilcún, en las condiciones de la Región de La Araucanía. Esta fórmula [$150\text{-}200 \text{ kg de N ha}^{-1}$, $200\text{-}250 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, $200\text{-}250 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$ y de $1\text{-}2 \text{ kg de B ha}^{-1}$, además de la aplicación de $1 \text{ ton de CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$], ha permitido alcanzar una alta producción de varas comerciales por hectárea ($11,8$ a $13,5 \text{ varas planta}^{-1}$), con una densidad de plantación de $10.000 \text{ plantas ha}^{-1}$. Las fuentes portadoras de nutrientes utilizadas en dicha formulación fueron: CAN 27 o Nitromag (27 % de N total), Superfosfato triple (46 % de P_2O_5), muriato de potasio (60 % de K_2O) inicialmente y sulpomag (22 % S, 22 % K_2O y 18 % MgO) posteriormente, boronatrocalcita (10 % de B). Además, se utilizó Cal Soprocal como fuente portadora de calcio. En el caso que sea necesario aplicar cobre, zinc o manganeso puede utilizarse sulfato de cobre, sulfato de zinc y sulfato de manganeso, respectivamente.

El tipo de fertilizante en particular a utilizar y la dosis de éste a aplicar en el cultivo de peonía, dependerá del nutriente deficitario en particular y de la magnitud de su deficiencia en el suelo, siendo también de importancia considerar tanto la concentración de éste en las hojas mediante el análisis foliar como las características del suelo en que el huerto se encuentra establecido. También influye en su selección el contenido del o de los nutriente(s) en el fertilizante, costo(s) de la(s) unidad(es) del nutriente, disponibilidad del fertilizante en el mercado, entre otros factores.

7.8.2.3 Época y forma de aplicación de nutrientes.

La aplicación de nutrientes deficitarios, determinados mediante el análisis de suelo y/o foliar, puede realizarse en tres parcialidades durante el ciclo anual de la peonía, en las condiciones de la Región de La Araucanía (Valle Central). Cada parcialidad corresponde a un tercio de la dosis anual (33 %) de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre. En el caso de boro y de enmiendas calcáreas o dolomíticas se realiza una sola aplicación del producto durante dicho ciclo. La enmienda calcárea o dolomítica debe aplicarse 30-45 días antes de la emergencia



de las plantas de peonía, la cual en general ocurre entre la tercera y cuarta semana del mes de septiembre de cada año, en el Valle Central de la Región de La Araucanía. El boro puede aplicarse 30 días antes de la emergencia de los tallos.

La aplicación de la primera parcialidad de nitrógeno debe efectuarse luego de la emergencia de los tallos y aquella correspondiente a la de fósforo, potasio, magnesio y azufre puede efectuarse 30 días antes de la emergencia de los tallos. La segunda parcialidad de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre debe realizarse luego de la cosecha (30-40 días); y la tercera debe efectuarse en el estado de predormancia, 30-40 días antes del estado de dormancia (receso) de las plantas. Lo anteriormente planteado muestra una cierta variación con lo señalado por Sáez (2012), quien plantea que el 50 % de la dosis total anual de NPK debería aplicarse después de la brotación (hojas con 60 % de madurez) y el otro 50 % de esta misma al inicio de la senescencia de las hojas, temprano en otoño. Mencionando también que si las hojas y brotes tienen poco vigor se debe aplicar 25 % de la dosis de N luego de la cosecha y el 25 % restante de ella antes de la senescencia de las hojas.

7.9 Diagnóstico del estado nutricional de la plantación.

7.9.1 Diagnóstico foliar.

El diagnóstico foliar permite evaluar la efectividad de la fertilización de fondo como también monitorear anualmente aquella correspondiente a nitrógeno y otros nutrientes aplicados. Según sean los resultados de éste pueden mantenerse o modificarse las dosis de nutrientes aplicados con anterioridad (Sáez, 2012). Este diagnóstico se basa en la relación existente entre la producción (varas comerciales) o crecimiento de las plantas y la concentración de nutrientes en hojas u otros tejidos de las plantas. Las hojas, en general, son un buen indicador de la nutrición de las plantas por su gran actividad metabólica, siendo el tipo de éstas a muestrear, aquellas recientemente maduras (tercera hoja compuesta a partir de la inserción del botón), con una concentración relativamente estable de nutrientes, considerándose para ello hojuelas terminales sin pecíolo (Sáez, 2012). Las hojas jóvenes o viejas se encuentran con una nutrición inestable, aumentando o disminuyendo rápidamente su concentración de nutrientes. La época de muestreo más adecuada es aproximadamente un mes luego de cosecha (período de estabilización de la concentración foliar de nutrientes).

El estándar nutricional de un nutriente dado corresponde a aquella concentración foliar de éste (nivel crítico) en que la producción (varas comerciales planta⁻¹) se estabiliza y no aumenta en función del incremento de la dosis de fertilización del mismo. En la actualidad no existen estándares nutricionales para la planta de peonía.

Una alternativa a ello es promediar las concentraciones nutricionales en hojas recientemente maduras de plantaciones de alto rendimiento y calidad de flores, sin dosis excesivas de nutrientes (Sáez, 2012). Esta autora indicó concentraciones foliares adecuadas promedio de diferentes plantaciones de peonías de alta producción de La Araucanía (variedades Festiva Máxima, Red Charm y Dr. Alexander Fleming), las cuales son: 2,1-2,5 % de N, 0,21 % de P, 0,95 % de K, 0,50 % de Mg, 0,18 % de S, 60 mg kg⁻¹ de Fe, 30 mg kg⁻¹ de Mn, 25 mg kg⁻¹ de Zn, 6 mg kg⁻¹ de Cu y 60-100 mg kg⁻¹ de B. Citando a Noguer y Manzano (2011), menciona que en Coyhaique no hubo respuesta a la fertilización nitrogenada en plantas de 8 años de edad de la variedad Kansas (14 varas planta⁻¹), con un contenido de 2,09 % de N en las hojas.



Por su parte, dada la inexistencia de los estándares nutricionales de la planta de peonía, los autores del capítulo determinaron, en las condiciones de la Región de la Araucanía (Valle Central, suelo trumao serie Vilcún), la concentración foliar de nutrientes promedio para plantas adultas de 11 años de edad del c.v. Sarah Bernhardt, adecuada para una alta producción de varas comerciales planta⁻¹ (Cuadro 8). Esto se obtuvo por un muestreo realizado a hojas recientemente maduras de este cultivar (tercera hoja compuesta a partir de la inserción del botón), con pecíolo, en el período de estabilización de la concentración de nutrientes luego de la cosecha. Estas concentraciones foliares son de carácter preliminar y sólo sirven de guía de orientación para los productores del rubro, requiriéndose no obstante ello estudios específicos para determinar los estándares nutricionales de la peonía.

Cuadro 8. Concentración de nutrientes foliar promedio, en peonías c.v. Sarah Bernhardt, adecuada para una alta producción de varas comerciales planta⁻¹ en un suelo trumao Vilcún del valle central de La Araucanía, 2010*. **.

Macronutriente	Concentración (%)	Micronutriente	Concentración (mg kg ⁻¹)
Nitrógeno (N)	2,3	Cobre (Cu)	5
Fósforo (P)	0,17	Hierro (Fe)	56
Potasio (K)	0,7	Manganeso (Mn)	22
Calcio (Ca)	1,13	Zinc (Zn)	25
Magnesio (Mg)	0,32	Boro (B)	27
Azufre (S)	0,15		

* 15 días luego de cosecha (estado de botón maduro). ** Plantas adultas de 12 años de edad (10.000 plantas ha⁻¹).

7.9.2 Sintomatología visual.

La sintomatología visual se basa en la relación existente entre la deficiencia o exceso de un nutriente determinado y los síntomas visuales de ello que aparecen principalmente en las hojas (Sáez, 2012). En base a información de Sánchez *et al.*, (2007) y de Sáez (2012), se indican algunos síntomas generales de deficiencias nutricionales en las plantas (Cuadro 9), no existiendo información específica sobre ello en peonías.





Cuadro 9. Síntomas generales de deficiencias nutricionales.

Nutriente	Característica de la deficiencia*
Nitrógeno	hojas basales cloróticas y posterior necrosis.
Fósforo	retraso del crecimiento, coloración púrpura a lo largo de la hoja, disminuye producción de flores.
Potasio	hojas basales con clorosis en los márgenes y ápices, posterior necrosis.
Calcio	hojas jóvenes deformes y cloróticas.
Magnesio	clorosis intervenal en hojas basales, que progresa desde márgenes de la hoja hacia el centro.
Azufre	clorosis generalizada, aparece primero en hojas nuevas.
Hierro	clorosis intervenal generalizada, aparece primero en hojas nuevas.
Cobre	hojas jóvenes deformadas, se afecta la floración.
Zinc	clorosis intervenal en hojas jóvenes, hojas lanceoladas, estrechas y pequeñas.
Manganeso	hojas jóvenes con clorosis intervenal.
Boro	deformación de hojas apicales y muerte del ápice.

* Adaptado de Sánchez *et al.*, (2007) y de Sáez (2012).

7.10 Consideraciones generales.

Por último, cabe señalar que el uso combinado de los métodos de diagnóstico (análisis de suelo, análisis foliar y sintomatología visual) sería lo más recomendable para conocer el estado nutricional de una plantación de peonía, en la perspectiva que el productor utilice una adecuada fertilización y manejo de la misma que permita lograr una alta productividad del cultivo.



Bibliografía.

- Alcántar, G., L. Trejo-Téllez, L. Fernández, y M. Rodríguez. 2007. Elementos esenciales. p. 7-47. *In* G. Alcántar y L. Trejo-Téllez (eds.) Nutrición de cultivos. Ediciones Mundi-Prensa, México.
- Benton, J. 1998. Plant nutrition manual. 149 p. CRC Press LLC, Washington, USA.
- Besoain, E., y A. Sadzawka. 1999. Fenómenos de retención de fósforo en los suelos volcánicos y sus consecuencias. p. 27-36. *In* Besoain, E., C. Rojas, y A. Montenegro (eds.) Las rocas fosfóricas y sus posibilidades de uso agrícola en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- Chahin, G. 2012. Comunicación personal.
- CIREN. 2002. Descripciones de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrológico IX Región. Publicación N° 122. 360 p. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Santiago, Chile.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. 889 p. Academic Press, London, UK.
- Mengel, K., and E. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. 686 p. International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Montenegro, A., R. Rivas, y J. Hirzel. 2011. Fertilización del cultivo de avena. p. 115-165. *In* Hirzel, J. (ed.) Fertilización de cultivos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Pino, I., W. Luzio, y A. M. Parada. 1998. Cinética de intercambio isotópico en suelos derivados de cenizas volcánicas. Un modelo predictivo. *Agric. Téc. (Chile)* 58:56-64.
- Rodríguez, J., D. Pinochet, y F. Matus. 2001. Fertilización de los cultivos. 117 p. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- Sadzawka, A., R. Campillo, A. Montenegro, y C. Rojas. 1999. Determinación de la capacidad tampón de fósforo en suelos ácidos. p. 49. *In* Salazar, I. (ed.) Proceedings 14° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Pucón, Chile. 8-12 noviembre 1999. Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.
- Sáez, C. 2012. Las peonías herbáceas y su cultivo. 582 p. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Santiago, Chile.
- Sánchez, P., C. Molinos, G. Alcántar, y M. Sandoval. 2007. Diagnóstico nutrimental en plantas. p. 201-247. *In* G. Alcántar y L. Trejo-Téllez (eds.) Nutrición de cultivos. Ediciones Mundi-Prensa, Méjico.