

## REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL PALTO FUERTE: UN RESUMEN DE 21 AÑOS DE INVESTIGACIÓN EN SUD ÁFRICA.

S.F. du Plessis, T.J. Koen y R.A. Abercrombie  
Instituto para Cultivos Tropicales y Subtropicales,  
Private Bag X1 1208, Nelspruit 1200,  
Rep. De Sud África

Índice de palabras adicionales: Análisis foliar, análisis de suelos, desordenes de post-cosecha.

### Abstract

El propósito de este escrito es resumir la investigación hecha acerca de los requerimientos nutricionales del palto Fuerte en las dos décadas pasadas en Sud África.

El más significativo descubrimiento de esta investigación fue el establecimiento de un conjunto adecuado de hojas para propósitos de análisis y a partir de ello proponer fertilización (ver Fig. 1). La muestra de hojas propuesta tiene un rango de concentración constante para los elementos nutritivos por al menos dos meses, fue sensible a cambios en las aplicaciones de fertilizantes y mostró una estrecha relación con el volumen de rendimiento de la estación siguiente. Las normas de análisis (Tabla 1) fueron establecidas en ensayos de fertilización de largo alcance. También se demostró que la acidez del suelo juega un rol limitante mayor en la producción del palto y que el método más adecuado para determinar los requerimientos de cal fue la determinación del estado del Al extractable del suelo, que el pH. El objetivo debería ser reducir la concentración de Al a menos de  $20\text{mg.kg}^{-1}$  de suelo para obtener un crecimiento y producción óptimos.

Los desordenes de post cosecha de los frutos “pulpa gris”, “mancha de la pulpa” y “pardeamiento vascular” se demostró que están estrechamente relacionados al estado de los iones Ca, Mg y K del suelo especialmente del subsuelo (300 a 600 mm de profundidad). La razón de estos elementos (Ca + Mg/K) fue más importante que sus valores actuales. Mediante el mantener una razón de menos 5 ( sobre una base de  $\text{mg.kg}^{-1}$  ), el “pardeamiento vascular” y la “mancha de la pulpa” se minimizaron, en tanto que el desarrollo de la “pulpa gris” fue mejorado.

### Introducción

La industria del palto en Sud África esta experimentando un rápido crecimiento con una exportación de 8 millones de cajas, esperando alcanzar la marca de los 20 millones para el año 2000. Las paltas son también la fruta más cara en el mercado de Sud África con un precio promedio de más de \$580 por tonelada durante el período 1993/94.

La investigación acerca de los requerimientos nutricionales de los paltos ha sido hecha en Sud África desde los comienzos de los años setenta. Koen y Smart (1973) mostraron el efecto

benéfico de tener un suelo con pH óptimo para la siembra en el vivero. Este reporte resumirá el trabajo hecho sobre requerimientos de cal de los paltos en ensayos de campo, la identificación de las hojas adecuadas para propósitos de análisis foliar, y el establecimiento de normas para el óptimo de análisis foliar y para propósitos de recomendaciones de fertilización. Además, se discutirá la investigación extensiva que fue hecha acerca de las relaciones entre nutrición mineral y desordenes de post cosecha en la fruta del palto Fuerte.

## Métodos de Investigación

Se hizo los siguientes ensayos de campo e inspecciones

- Para obtener una muestra adecuada de hoja para propósitos de recomendación de fertilización (Koen y Du Plessis, 1991 y 1992).

Este experimento fue hecho sobre paltos Fuerte uniformes y saludables injertados sobre patrones Edranol.

Tres muestras fueron escogidas desde ramas marcadas del destello de crecimiento de primavera. Las muestras fueron:

A- tal como recomienda Embleton et al. (1958)

B- desde una rama vegetativa – que no mostrara un nuevo destello de crecimiento (ver Fig. 1)

C- la hoja más joven del extremo de una ramilla con crecimiento nuevo.

Las muestras se tomaron mensualmente desde Septiembre hasta la cosecha en Julio y fueron evaluadas en términos de su adecuación como hojas de muestra sobre la base de los siguientes criterios (Langenegger y Du Plessis, 1977).

- la concentración de los elementos en la muestra debería ser claramente constante por un período de tiempo relativamente largo (6 a 8 semanas)
- la concentración de elementos en la muestra debería ser sensible a los cambios en aplicación de fertilizantes y
- el cambio en la concentración de los elementos en la muestra debería reflejarse por un cambio en rendimiento y calidad de frutos.

\* Para establecer normas de análisis foliar (Koen y Du Plessis, 1992; Koen, 1991)

Para este propósito tres experimentos separados de fertilización N, P y K fueron ejecutados por un período de 5 años. Cada ensayo consistió de 8 niveles del elemento específico con tres árboles por parcela y 3 réplicas. Las muestras de hojas fueron tomadas de acuerdo a los momentos en el tiempo establecidos previamente para muestreo y posición de la hoja y analizadas para macro y micro nutrientes. Las relaciones entre concentraciones foliares y rendimiento para la particular estación bajo investigación así como para las siguientes estaciones fue determinada. Los rangos de concentración óptimos fueron subsecuentemente

Determinados para cada elemento (N, P y K) para estaciones consecutivas y a partir de esos datos se establecieron las normas. La concentración promedio de micro elementos en las hojas fue calculada para todas las estaciones y relacionada con los cambios en las concentraciones de N-, P- y K- en las hojas.

\* Requerimientos de cal (Du Plessis y Koen, 1987)

Un experimento de campo fue efectuado sobre árboles maduros por un período de 6 años. El suelo era arcilloso (34-38% arcilla) con un pH(H<sub>2</sub>O) que variaba desde 4,6 en el subsuelo (300 a 600 mm de profundidad) a 4,8 en la parte superior del suelo (0 a 300 mm). Cuatro fuentes de calcio (cal dolomítica, silicato de calcio, hidróxido de calcio y yeso) se aplicaron sobre la superficie a 3 niveles cada uno y comparados con un control fuera de tratamiento. Los tratamientos se aplicaron por cuatro temporadas consecutivas, posteriormente los efectos residuales sobre el rendimiento, hoja, suelo y composición del fruto se determinaron por dos temporadas adicionales.

\* Los factores nutricionales involucrados en los desordenes fisiológicos de post cosecha de los frutos (Koen, Du Plessis y Hobbs, 1989; Koen, Du Plessis y Terblanche, 1990; Du Plessis y Koen 1992)

Esta investigación se inicio como una medición de 48 huertos comerciales por un período de dos temporadas. Muestras de hojas y suelos fueron tomadas desde cada huerto, e analizadas respecto de la concentración de macro elementos. Las muestras de frutos también se tomaron y se almacenaron en frío por 31 días a 5,5 °C y posteriormente por 3 días más a 21°C. Los frutos blandos fueron cortados y abiertos y los frutos frescos investigados por la ocurrencia de mancha de la pulpa, pulpa gris y pardeamiento vascular. La extensión de cada desorden fue calculada como un porcentaje de fruta infectada. Las muestras de fruto fresco fueron también secadas a 60 °C y analizadas tal como las muestras de hojas.

Una investigación similar fue llevada a cabo en fruta obtenida de los tres ensayos de fertilización. Cada ensayo consistió de 8 niveles de ya sea N, P o K con tres árboles por parcela y 3 replicaciones. Las muestras de hojas y suelo se tomaron y analizaron al igual que anteriormente. En ambas investigaciones la relación entre la composición química de las hojas, frutos y suelo, y la ocurrencia observada de desordenes fisiológicos fueron computadas mediante regresiones polinomiales.

## Resultados

### **Muestra de hojas**

Edad de la hoja – la muestra B presento un rango de concentración muy estable para N, P y K desde 6 a 8 meses de edad, en tanto que las muestras A y C variaron considerablemente durante este período. Para que una muestra de hojas sea adecuada para propósitos de aconsejar una fertilización y para ser usada comercialmente, la concentración de elementos debería ser constante por al menos 4 semanas, pero preferiblemente por un tiempo mayor. Las muestras A y C fueron consecuentemente rechazadas mientras que la muestra B fue usada para probar la respuesta a los fertilizantes aplicados así como también como valor para predecir el tamaño de la cosecha.

Respuesta a cambios en las aplicaciones de fertilizantes – Esta investigación se llevo a cabo en la muestra B usando hojas de los tres experimentos de fertilización. Se encontró diferencias altamente significativas en las concentraciones foliares de N, P y K con tasas de aplicación crecientes de esos elementos y de acuerdo a la justificada selección de la muestra B.

Concentración de elementos y rendimiento – De encontró relaciones altamente significativas entre concentración de N de la hoja para una temporada en particular y el rendimiento para esa misma temporada. En la mayoría de los casos esta relación fue mejorada mediante el uso del dato de N de la hoja de la temporada presente para predecir el rendimiento para la temporada siguiente. Estas relaciones fueron curvilíneas en la mayoría de los casos.

El contenido de P de la hoja de una temporada cualquiera fue solo significativamente relacionado al rendimiento de la próxima temporada. Se obtuvo valores  $R^2$  de entre 26 y 62%.

La relación entre concentración de K en la hoja y el rendimiento no fue significativa, a despecho del hecho de que las aplicaciones de K incrementaron dramáticamente las concentraciones de K en las hojas (eg. Desde 1,07 a 1,62%). No se observó un efecto constante sobre el rendimiento no se obtuvo con los niveles crecientes de aplicaciones de K aún cuando el suelo exhibía un nivel intercambiable de solo 60 mgK.kg<sup>-1</sup> de suelo seco.

Micro-elementos: Los datos promedio del análisis foliar para las cuatro temporadas para el experimento del N mostraron un efecto negativo de las concentraciones crecientes de N en las hojas sobre las concentraciones de B y Cu mientras se observó un efecto positivo sobre Mn y Fe. Además, en el experimento del K, el potasio creciente en las hojas disminuyó el B e incrementó las concentraciones de Zn y Mn en tanto que valores incrementados de P en hojas no tenían efecto sobre la elevación de algún micro-elemento.

### **Normas de óptimo en análisis foliar**

Siguiéndose de los datos obtenidos de las antes mencionadas relaciones Koen y Du Plessis (1992) y Koen (1991) derivaron las concentraciones en hojas para los varios nutrientes tal como se indica en la Tabla 1.

### **Requerimientos de cal**

Los rendimientos se incrementaron significativamente en estos suelos arcillosos ácidos mediante la aplicación de niveles moderados de cal dolomítica (W5 ton /há por cuatro temporadas consecutivas, total 19 ton/há). Estos efectos fueron observados por al menos dos temporadas después de la aplicación final. Sin embargo ambos niveles los demasiado bajo o los demasiado elevados de cal disminuyeron los rendimientos. El silicato de calcio y el yeso se comportaron razonablemente bien con niveles moderados de aplicaciones, en tanto que el dióxido de calcio a los dos niveles más bajos daba un mejor resultado que el nivel alto para todas las temporadas.

El efecto de estos materiales incluso a altos niveles para las 4 temporadas consecutivas fue relativamente pequeño sobre el pH de la parte superior del suelo e incluso menor sobre el subsuelo. La concentración de Al<sup>3+</sup> fue no obstante, significativamente reducida en ambas partes superior y subsuelo mediante la cal dolomítica, el silicato de calcio y el hidróxido de calcio. También se demostró que concentraciones crecientes de Al<sup>3+</sup> en el suelo tenían un efecto negativo drástico sobre el rendimiento.

### **Factores nutricionales involucrados en los desordenes fisiológicos de post cosecha de la fruta.**

En un estudio cubriendo 48 huertos por un período de dos años en las áreas productivas más importantes de producción de paltas de Sud África, la ocurrencia de mancha de la pulpa fue relativamente alta (promediando un 30% en ciertos huertos), en tanto la ocurrencia de pulpa gris y pardeamiento vascular promediaban no más que un 20%. De acuerdo a los resultados, el

estatus de Ca y Mg en la parte superficial del suelo y en el subsuelo así como sus concentraciones con relación al K estuvieron significativamente correlacionadas con la ocurrencia de mancha de la pulpa y en una menor extensión, al pardeamiento vascular. Los resultados indican que la menor incidencia de mancha de la pulpa y pardeamiento vascular ocurrían en los huertos en suelos con una relación Ca +Mg/K de < 5 (en términos de mg/kg). En el caso de pulpa gris, sin embargo, un incremento en la razón Ca+Mg/K se observó una disminución de la incidencia de este desorden.

En ensayos de campo con los macro nutrientes, la incidencia de pulpa gris mostró un significativo incremento frente a un incremento del K del subsuelo con valores de 60 a 240 mg K/kg de suelo. Inversamente, un incremento en la razón Ca + Mg/K en el subsuelo disminuye la incidencia de pulpa gris. El incremento del estatus de Mg y K del fruto presenta relaciones consistentemente positivas y negativas con la incidencia del pardeamiento vascular, respectivamente. También se demostró que un incremento en el K de la hoja reduce el estado del Mg tanto en hojas como en frutos. Además, un incremento en la razón Ca + Mg/K en el subsuelo incrementa el porcentaje de frutos que desarrolla el pardeamiento vascular. En consecuencia, mediante el incremento del K del suelo la ocurrencia del pardeamiento vascular será reducido. Por contraste la ocurrencia de mancha de la pulpa, que fue observada en solo una temporada, se redujo mediante concentraciones relativamente altas y bajas de K y Ca respectivamente.

## Discusión

### Análisis Foliar

Se demostró que la muestra de hojas inicialmente recomendada por Embleton y Jones (1964) no era adecuada para propósitos de recomendación de fertilización. La muestra (Fig. 1) sugerida por Koen y Du Plessis (1991) era ampliamente superior especialmente en la medida a N y P eran concernientes. En ambos casos la concentración de esos elementos fueron significativamente correlacionadas con las cantidades de fertilizantes aplicados así como con el rendimiento esperado para la temporada siguiente. Solo en el caso del K no se encontró relación con el rendimiento, aún cuando ocurría una estrecha correlación entre el K aplicado y el K en hoja. Esto sugeriría que el más bajo nivel de K (0,9%) sería el óptimo. Este nivel se obtuvo con un nivel de K intercambiable en el suelo de solo 60 mg K.kg<sup>-1</sup> en el suelo, sugiriendo que las deficiencias de K no serían de ocurrencia común en la producción de paltas. Aún cuando no se hizo aplicaciones de micro elementos fue posible calcular los niveles óptimos para Cu, Zn, Mn y B que debería usarse como normas tentativas para esos elementos (Tabla 1).

### **Análisis de Suelo**

La importancia de la acidez del suelo en cuanto a inhibir el crecimiento y producción del palto fue claramente demostrada por Du Plessis y Koen (1987). Lo que fue especialmente notable, fue el efecto detrimental de elevados niveles de Al extractable sobre la producción del palto y el hecho de que los cambios del pH del suelo eran muy pequeños a despecho de las continuamente elevadas altas tasas de aplicación de materiales cálcicos. Puede concluirse entonces que los requerimientos de cal de un suelo en particular deberían basarse en las concentraciones de Al extractable en lugar de hacerlo sobre la base del pH. Una concentración de Al de menos de 20 mg.kg<sup>-1</sup> en la parte superior del suelo (0 a 300 mm) al menos, puede ser recomendada para los paltos.

Además, se demostró por Du Plessis y Koen (1992) que el contenido de Ca, Mg y K del suelo, y el subsuelo en particular, fueron importantes parámetros en la medida que los desordenes de post cosecha fueron considerados. La razón entre estos elementos (Ca + Mg/K) fue más significativa que los valores absolutos. Puede concluirse entonces que mediante la mantención de la razón (Ca + Mg/K) en el suelo (expresado como mg.kg<sup>-1</sup>) en el rango óptimo de 4 a 5, la incidencia del pardeamiento vascular y la mancha de la pulpa se reducirían, pero la pulpa gris puede desarrollarse en una cierta extensión. Ya que se demostró que la mancha de la pulpa se reduce mediante el incremento de la concentración de K en el fruto, aplicaciones adicionales desde una perspectiva nutricional (0,9% + K de la hoja), puede reducir la incidencia de la mancha de la pulpa e incluso el pardeamiento vascular. Por otro lado, sin embargo, un incremento del K en el suelo incrementará la ocurrencia de la pulpa gris.

## Referencias

- Du Plessis, S.F. y Koen, T.J., 1987. Comparación de diferentes fuentes de calcio sobre la producción del palto. S.A. Asociación de Cultivadores de Paltos. Yrbk. 10,49-51.
- Du Plessis, S.F. y Koen, T.J., 1992. Relaciones entre la nutrición y los desordenes de post cosecha de la fruta del palto Fuerte. Actas del Segundo Congreso Mundial del Palto 1992, 395-402.
- Embleton, T.W. y Jones, W.W., 1964. Nutrición del Palto en California. Proc. Fla. State Hort. Soc. 77, 401-405.
- Embleton, T.W. y Jones, W.W., Kirkpatrick, J.D. y Gregory-Allen, D., 1958. Influencia del muestreo, temporada y fertilización sobre los macro nutrientes en las hojas del palto Fuerte. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72, 309-320.
- Koen, T.J., 1991. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio sobre el estado de los elementos traza del palto (CV. Fuerte/Duke). Subtropica 12, 11, 21-23.
- Koen, T.J., y Du Plessis, S.F., 1991. La determinación de la muestra de hojas correcta y momento en el tiempo de muestreo para los paltos Fuerte para propósitos de recomendación de fertilización. S.A: Avocado Growers' Assoc. Yrbk. 14, 19-21.
- Koen, T.J., y Du Plessis, S.F., 1992. Norma de óptimo para análisis foliar para el palto (CV. Fuerte). Proc. Second World Avo. Congress 1992, 289-299.
- Koen, T.J., y Du Plessis, S.F., y Hobbs, A., 1989. Relaciones entre la composición química del suelo y las hojas de los paltos Fuerte y desordenes fisiológicos de post cosecha en los frutos. S.A. Avocado Growers' Assoc. Yrbk. 12, 48-49.
- Koen, T.J., du Plessis, S.F. y Terblanche, J.H., 1990. Factores nutricionales involucrados en los desordenes fisiológicos de los frutos del palto (CV Fuerte). Acta Horticulturae 275, 543-550.

Koen, T.J. y Smart, G., 1973. El efecto del pH creciente en el suelo sobre el crecimiento y composición química de los viveros de Duke. *Citrus and Subtropical Fruti Journ.* 474, 4-9.

Langenegger, W y Du Plessis, S.F., 1977. La determinación del estado nutricional de las bananas Dwarf Cavendish en Sud África. *Fruits* 32, 711-724.

Tabla 1. Norma de óptimo propuesta para el análisis foliar de Fuerte.

Elemento	Rango óptimo
N	2,0 – 2,3%
P	0,17% +
K	± 0,9%
B	24 – 36 mg.kg <sup>-1</sup>
Zn	26 – 29 mg.kg <sup>-1</sup>
Cu	6,5 – 9 mg.kg <sup>-1</sup>
Mn	160 – 190 mg.kg <sup>-1</sup>

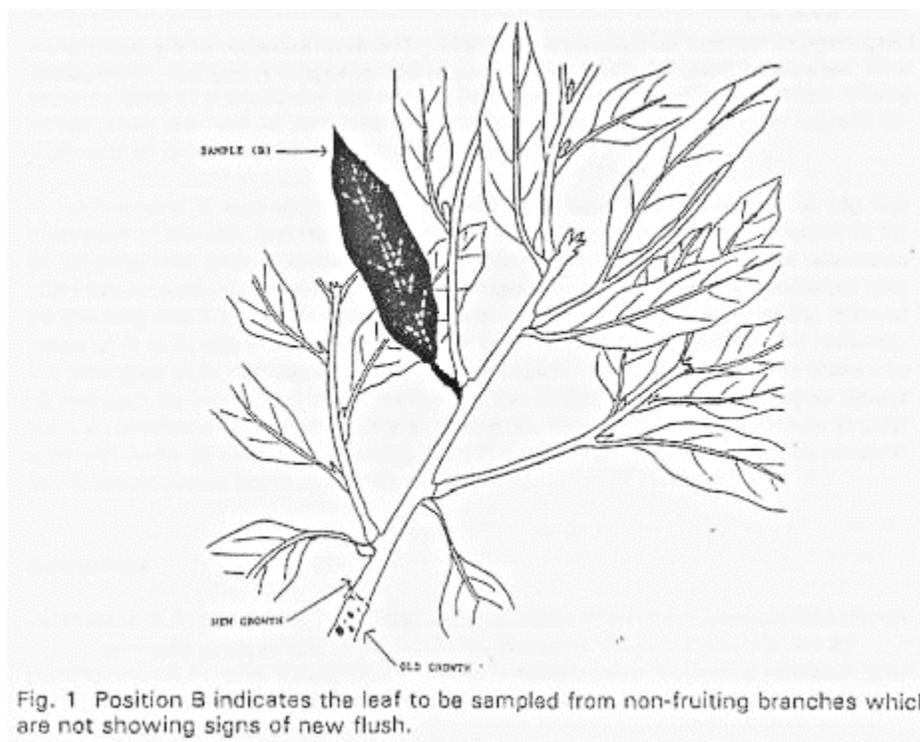


Fig. 1 Position B indicates the leaf to be sampled from non-fruiting branches which are not showing signs of new flush.