

NUTRICIÓN NITROGENADA DEL PALTO “HASS”:

NUTRICIÓN NITROGENADA DEL PALTO “HASS”: ¿A DONDE VA TODO EL NITRÓGENO?

C.J.Lovatt
Departamento de Botánica y Ciencias de las Plantas
Universidad de California
Riverside, CA 92521- 0124,USA

Abstract

La fruta del palto no es sólo rica en grasa y aceite sino que también contiene una elevada concentración de proteína con relación a otra fruta. Por lo tanto, la fruta del palto es un gran depósito tanto para el carbono como el nitrógeno. Cuando la fruta se desarrolla y el crecimiento vegetativo son concurrentes y, por ello, están en competencia, la distribución, transporte y asignación del nitrógeno dentro del árbol maduro y productivo es de importancia. ¿Es el fertilizante nitrogenado asignado de acuerdo a la actividad de depositación existente al momento de captación del fertilizante? ¿Hasta que medida la aplicación de fertilizante nitrogenado estimula la actividad de depositación? ¿Es necesario hacer coincidir en tiempo la aplicación de nitrógeno a la fenología del árbol?

1.Introducción

Una revisión de la literatura relativa a la economía del nitrógeno del palto proporciona dos hechos relevantes bien documentados para este tópico:

1. En la mayoría de las naciones productoras de paltas, los agricultores fertilizan sus árboles para mantener la concentración de Nitrógeno en las hojas entre 2,0 a 2,6%.
2. No sólo es la riqueza en aceite de la fruta del palto un depósito mayor de carbono, sino que también es un mayor depósito para el nitrógeno. Las paltas tienen mayores concentraciones de proteínas que cualquiera otro fruto de hoja caduca producido comercialmente, ya sea subtropical o tropical (Hall et al., 1980). En tanto que otras frutas promedian un contenido de 0,% de proteína sobre la base de peso en fresco (FAO, 1970), las paltas rutinariamente exceden el 2,3% de proteína por unidad de peso en fresco (Pearson, 1975; Slater et al., 1975; Hall et al., 1980).

Para visión general, he usado la fruta del palto de California, el árbol y la industria como modelos. La industria comprende aproximadamente 26.000 hectáreas, las cuales rinden 230.000 toneladas métricas anualmente ([Affleck, 1992](#)). Durante los últimos 8 años, los rendimientos han promediado las 8,8 toneladas por hectárea ([Affleck, 1992](#)). Con un promedio mundial que se ubica entre 4 a 8 toneladas métricas por hectárea, California es típica respecto a

otras áreas de producción (Wolstenholme, 1987; [Barros y Sánchez, 1992](#); [Díaz-Robledo, 1992](#); [Illsley, 1992](#)).

Los cultivadores de paltos de California usan desde 84 hasta 168 kgs. De N por hectárea, en promedio, con muchos cultivadores que exceden ampliamente estas tasas. A estas elevadas tasas de fertilización nitrogenada preguntarse *¿A dónde va todo el N?* Se convierte en una cuestión crítica debido al potencial de que el nitrógeno excedente penetre en las aguas subterráneas. Mas aún un tópico extremadamente importante desde el punto de vista de proteger el medio ambiente y la salud humana, así como los dólares botados a la basura por el agricultor mediante la pérdida de fertilizante no usado por el árbol para producir la cosecha, el nitrato que se lixivie no se encontrará aquí. Sin embargo el resultado es creciente como para hacernos recordar de su creciente gravedad. El foco o punto central de esta visión general se centra en identificar hacia donde va todo el nitrógeno dentro del árbol.

Uno de los componentes que contiene la mayor cantidad de nitrógeno entre el tejido vivo es la proteína. El palto "Hass" en California promedia 2,4 grs. de proteína por 100 grs. de peso fresco (Slater et al., 1975). Una palta típica de California pesa 200 a 300 grs. de peso fresco (Slater et al., 1975). Entonces, allí hay 5,0 a 7,5 grs. de proteína por fruto, lo cual representa más de 1 grs. de nitrógeno por fruto fresco. (Este cálculo se basa sobre dos factores usados para calcular los gramos de proteína por 100 grs. de tejido multiplicando el N Kjeldahl por 6,25 o 5,7; Hall et al., 1980). En contraste al fruto del palto, las hojas del palto de los renuevos de variedades comunes presentan un promedio de solo 4 mgs. De proteína por gramo de peso fresco (tabla 1) (Lovatt y Cheng, 1990). Este nivel de proteína de la hoja es 7,5 veces menor que las concentraciones de proteína de las hojas de cítricos 5 veces menor que las de las hojas de la calabaza (tabla 1) (Lovatt y Cheng, 1990). Es de interés el hecho de que las hojas del palto tienen el más bajo porcentaje de agua (60%) (el mayor contenido de materia seca) de las hojas en esta comparación. El contenido de materia seca de las hojas del palto fue confirmado en el presente estudio (tabla 4). Con la excepción de G 755 y Toro Canyon, el nivel de proteína del porta injerto del palto comúnmente usados en California fue mas que 2 veces menor que aquel de dos porta injertos comunes de cítricos (tabla 1) (Lovatt y Cheng, 1990).

Es también de interés que la actividad de las enzimas claves para el metabolismo del nitrógeno en las hojas de renuevos del palto es típicamente menor que en las raíces del palto porta injerto (tablas 2 y 3). El nitrógeno puede ser asimilado como amonio. Por ello, el nitrato fertilizante tomado por las raíces del palto debe ser reducido a amonio antes de que la asimilación pueda tener lugar. Las plantas pueden acumular grandes cantidades de nitrato en sus tejidos sin reducirlo a amonio. El nitrato se acumula en las vacuolas como una cantidad de reserva, en tanto que el nitrato citoplasmático está en la piscina de "inducción". Este estanque de reservas regula la actividad de la nitrato reductasa mediante la inducción de su síntesis y a través de la regulación del sustrato. Aún cuando la nitrato reductasa está presente en ambas hojas y raíces, en algunas plantas el nitrato es reducido preferencialmente en un órgano en comparación con el otro. El nitrato puede acumularse a concentraciones tan elevadas como 10% de la planta en peso seco, pero en promedio, la concentración de nitrato en la planta fluctúa en un rango desde 0 hasta 0,2% en peso seco (Fernández y Rosiello, 1995). Para las hojas del palto "Hass" y las raíces jóvenes de activo crecimiento, las concentraciones de nitrato fueron $0,21 \pm 0,02\%$ y $0,18 \pm 0,02\%$ respectivamente (tabla 4). La actividad de la nitrato reductasa de las hojas del palto

“Hass” fue significativamente más baja que la que se encontró en las hojas de la mayoría de los brotes de otras variedades, con la excepción de “Bacon”, o en las raíces de la mayoría de los paltos porta injertos (tabla 2) (Lovatt y Cheng, 1990). En forma similar, la actividad de la glutamina sintetasa, la enzima primaria de la asimilación del amonio, fue típicamente menor en las hojas de los renuevos de las variedades de paltos, especialmente “Hass” y “Bacon”, que en las raíces de los paltos de variedades patrón (tabla 3) (Lovatt y Cheng, 1990). Es interesante advertir que aún que la actividad de la nitrato reductasa tienda a decrecer tanto en hojas como en raíces desde los comienzos del verano hasta comienzos de la caída o descenso de la fecha de muestreo, la actividad de la glutamina sintetasa generalmente se incrementa en ambos tejidos en los mismos períodos. La concentración relativamente más alta del metabolismo del nitrógeno en las raíces que en las hojas en el palto sugiere que el patrón podría ser un factor más importante en la nutrición nitrogenada que los renuevos y, por ello enfatizar la importancia de una buena y sana raíz para una buena producción del palto.

A objeto de determinar la importancia relativa de los diferentes órganos del palto como depósitos de nitrógeno, nosotros apartamos un palto y analizamos cada uno de sus componentes con relación al nitrógeno de modo que pudiese construirse un modelo que ilustrara la asignación de nitrógeno a cada componente expresados como Kgrs. de N por Há.

Los resultados no se han considerado como definitivos sino que más bien como instructivos y heurísticos. Se espera que ellos estimulen a los investigadores en otras áreas de cultivo del palto para examinar a asignación del nitrógeno en sus huertos. La investigación futura en nuestro laboratorio incluirá una investigación en profundidad de la asignación del nitrógeno en paltos de la variedad “Hass” durante ambos “en” y “fuera” de los ciclos de producción alternantes.

2. Materiales y métodos

Un árbol de 8 años de edad de la variedad ‘Hass’ sobre un patrón Duke 7 localizado en el Centro de Investigación y Extensión de la Universidad de California Sosta sur, Irvine , CA, fue sacado del suelo y disectado en Septiembre de 1995 (Septiembre es la época estándar para la determinación del estatus de nitrógeno en un árbol mediante el análisis foliar en California). Se determino el peso fresco total de cada componente. Una sub-muestra pesada fue secada en un horno con aire forzado a 60° C hasta quedar completamente seca y registrar el peso final. Las muestras secadas en horno fueron trituradas en un molino Wiley hasta pasar una malla de cribage de 40 y analizada para nitrógeno usando el método estándar de Kjeldahl. Los resultados se usaron para calcular los Kgs. de N por há. usando la siguiente ecuación.

$$\text{Cálculo de } \frac{\text{Kgs. N}}{\text{Há.}} = \frac{\text{grs. N}}{\text{grs p.sec tej..}} \times \frac{\text{grs. Peso seco tejido}}{\text{grs. peso fresco tej.}} \times \frac{\text{P. fresco total tejido}}{\text{árbol}} \times \frac{100 \text{ árb.}}{\text{Há.}}$$

Dada la dificultad de recuperar completamente todas las raíces desde el suelo, los datos subestiman el costo en nitrógeno contenido en las raíces. Asimismo, sobre una base de árbol completo, los datos no incluyen el costo en nitrógeno asociado con la perdida de polen, flores frutos y hojas que hayan absidido antes de Septiembre de 1995.

3. Resultados

Al momento en que sacamos el árbol aparte, el estaba produciendo 67 kgs. de fruta. Nuevos brotes representaban 1,2 kgs. de peso fresco, hojas 24 kgs., pequeñas ramas de menos de 2,5 cmts. de diámetro y de color verde pesaban 41,35 kgs., en tanto que las ramas mayores entre 2,5 hasta 5,0 cmts. de diámetro, y de corteza color café totalizaban 24,25 kgs, en peso fresco, y las ramas del andamiaje del árbol, 70,25 kgs. El componente renuevos del tronco del árbol pesaba 12,1 kgs. y la porción del patrón del tronco pesaba 17,35 kgs. en peso fresco. Las raíces que formaban el andamiaje radicular contribuían con 11,0 kgs. de peso fresco, las raíces pequeñas 3,3 kgs. y las raíces final de crecimiento muy activo con 0,8 kgs. El contenido de materia seca como porcentaje del peso fresco de cada tejido esta dado en la tabla 4. Con excepción de los extremos de raíces de crecimiento muy activo, el contenido de materia seca de los tejidos del palto fue mayor al 30% (peso seco/peso fresco).

El contenido total de nitrógeno fue mayor en los tejidos más jóvenes (del año) y en aquellos que estaban en crecimiento muy activo (tabla 4). Las mayores concentraciones de nitrato fueron observadas también en esos tejidos, pero además el andamiaje de raíces tenía una significativa concentración de nitrato (tabla 4). Es interesante advertir que para ambos los vástagos del tronco y el tronco del patrón, la corteza tenía aproximadamente 2 dobles envolturas de mayor concentración de nitrógeno total mayor que la madera y esta misma razón fue igual con relación al contenido de nitrato de esos dos tejidos.

Usando la ecuación dada en la sección anterior “Material y métodos”, el contenido total de nitrógeno de cada componente del árbol fue calculado sobre una base de peso fresco y multiplicado por la biomasa total de ese componente para dar el nitrógeno total (peso fresco) por árbol el que fue convertido a kgs. de N (peso fresco) por hectárea (tabla 5). El palto ‘Hass’ almacena una proporción significativa de su nitrógeno en los renuevos del árbol. Con una pérdida de 10 a 20% en las hojas en cada primavera, hay allí una considerable pérdida de nitrógeno para el árbol individual y para el huerto (1,8 a 3,5 kgs./há), algo de ese nitrógeno puede ser reutilizado por el árbol en la medida que la cama de hojas se descompone. Con una cosecha de 10 toneladas de fruta por hectárea en un año dado, se remueven aproximadamente 28 kgs. de N por hectárea. Si el rendimiento se incrementa desde 10 toneladas a 20 toneladas por hectárea y por año, habrá un costo total de 56 kgs. de N. Por hectárea en la fruta. A un nivel de 30 toneladas. por hectárea por año, el costo ed de 84 kgs. de N por hectárea por año. Un incremento de 20 a 30% en crecimiento vegetativo implica un costo de 14 a 21 kgs. de N por hectárea por año.

El momento en el tiempo en el cual el Nitrógeno se torna en una demanda crítica por parte del palto no es conocido. El período del asentamiento de la fruta, el que es caracterizado por la competencia entre el desarrollo de los frutos nuevos y el destello de crecimiento vegetativo, puede ser el momento en el cual el nitrógeno se torna en una demanda crítica. Si las reservas de nitrógeno del suelo están rápidamente disponibles o si el nitrógeno que se observa acumularse en pequeñas ramas esta disponible e individualmente o en combinación puede satisfacer el requerimiento del árbol por nitrógeno en esos períodos que son críticos, el momento de efectuar la fertilización nitrogenada no sería importante: Sin embargo, en los suelos arenosos bien

drenados que se encuentran en algunas áreas de cultivo del palto, el rendimiento puede ser aumentado mediante la aplicación de nitrógeno al árbol en ciertos momentos y no en otros. Nosotros hemos examinado esta posibilidad mediante la determinación del efecto de proporcionar una dosis extra de nitrógeno al árbol en los tiempos claves de su fenología para identificar las estrategias de fertilización nitrogenada que incrementa el rendimiento. Así los resultados lejos de los experimentos de campo que se llevan a cabo sugieren que en un año de “baja” producción, pero no en un año de “alta” producción, (añerismo del palto), los paltos ‘Has’ se beneficiarán de recibir una cantidad extra de nitrógeno en Abril (tabla 6) (Abril es salida de invierno del hemisferio norte). En un año de “mayor” producción, aparentemente resulta que el nitrógeno extra se presenta como más efectivo si se aplica en Febrero. Los rendimientos acumulativos sugieren de este modo que la aplicación en Noviembre de nitrógeno adicional puede también ser de beneficio. Aún que preliminares en su naturaleza, los resultados de este experimento tomados en conjunto con los resultados anteriores acerca de la asignación de nitrógeno dentro del árbol indican que la demanda de nitrógeno de los árboles de la variedad de paltos ‘Hass’ es diferente en los años de “mayor” producción y en los años de “menor” producción y sugieren que ellos deberían ser fertilizados de acuerdo a ello.

Referencias

[Affleck, M., 1992. El mercado de la palta de Estados Unidos. Actas Segundo Congreso Mundial del Palto. 2:643-645.](#)

[Barros, R y Sánchez, L., 1992. La industria chilena del palto. Actas Segundo Congreso Mundial del Palto. 2:639-642.](#)

Bradford, M.M., 1976. Un método rápido y sensible para la cuantificación de cantidades de proteína de enlace utilizando el principio de tinturado del enlace proteico Anal. Biochem. 72:248-254.

[Diaz-Robledo, J., 1992. Una puesta al día de la industria Española del palto. Actas del Segundo Congreso Mundial del Palto. 2:647-651.](#)

FAO, 1970. Contenido de amino ácidos de los alimentos y datos biológicos sobre proteína. I I Op. Fernandes, M.S. y Rosiello, R-O.P., 1995. Nitrógeno mineral en la fisiología de las plantas y nutrición de plantas. Crit. Rev. Plant Sci. 14:111-148.

Hall, N.T., Smoot, J.M., Knight, Jr., R.J., y Nagy, S., 1980. Composiciones proteínica y amino ácida de diez frutos tropicales por cromatografía de gas-líquido. J.Agr. Food Chem. 28:1217-1221.

[Illsley, C., 1992. Revisión de la industria Mexicana del palto en 1991. Actas del Segundo Congreso Mundial del Palto. 2:633-637.](#)

Lovatt, C.J. y Cheng, A.H., 1990. Comparación de los aspectos de metabolismo del nitrógeno del palto con los cítricos Acta. Hort. 2:489-495.

McCormack, D.K., Farnham, K.J.F., y Boland, M.J., 1982. Purificación y propiedades de la glutamina sintetasa proveniente de la fracción de citosol de plantas de los nódulos de lupino. Arch. Biochem. Biophys. 218:561-571.

Pearson, D., 1975. Variaciones Estacionales del Mercado Inglés en la composición de paltas de Sud Africa e Israel. J. Sci. Food Agr. 26:207-213.

Scholl, R.L., Harper, J.E., y Hageman, R.H., 1974. Mejoramiento al desarrollo del color del nitrito en ensayos de nitrato reductasa mediante fenacina metosulfato y acetato de zinc. Plant Physiol. 53:825-828.

Slater, G.G., Shankman, S., Shepherd, J.S., y Alfin-Slater R.B., 1975. Variaciones estacionales de la composición de las paltas de California. J. Agr. Food Chem. 23:468-474.

Wolstenholme, B.N., 1987. Aspectos teóricos y aplicados en el rendimiento del palto en la medida que es afectado por los presupuestos de energía y particiones de carbono. S.Afr. Avocado Growers' Yrbk. 10:58-61.

Tabla 1.- Contenido Proteico

Planta (Tejido)	$\bar{x} \pm \text{DESV STD}$ mg.proteína/g fr.wt* (n = número de experimentos)
Renuevos de Paltos (hojas)	4,0 \pm 0,5 (n = 5)
Hass	4,2 \pm 0,3 (n = 5)
Bacon	4,7 \pm 0,3 (n = 5)
Fuerte	3,5 \pm 0,4 (n = 5)
Pinkerton	4,8 \pm 0,9 (n = 5)
Gwen	
Patrón de Palto (raíces)	0,6 \pm 0,5 (n = 4)
Duke 7	0,7 \pm 0,2 (n = 5)
Topa Topa	1,7 \pm 0,2 (n = 5)
G 755	0,6 \pm 0,2 (n = 5)
Borchard	0,6 \pm 0,2 (n = 5)
Thomas	1,6 \pm 0,2 (n = 5)
Toro Canyon	
Renuevos de Cítricos (hojas)	
Washington navel (naranja sin semilla)	33,0 \pm 4,0 (n = 4)
Valencia (naranja dulce)	31,4 \pm 1,2 (n = 4)
Limón	30,4 \pm 2,2 (n = 4)
Uvas	27,8 \pm 3,5 (n = 4)
Patrón de cítricos (raíces)	
Rough lemon	2,9 \pm 0,3 (n = 3)

Carrizo citrange	1,7 ± 0,3 (n = 3)
Calabaza	
Hojas	21,3
Raíces	2,1

*Proteína determinada por el método de Bradford (1976)

Tabla 2.- Actividad de la nitrato reductasa en hojas y raíces de renuevos de palto y variedades de patrones, respectivamente.

Variedad (tejido)	nmol nitrato reductasa/mg proteína/hr*	
	PRINCIPIOS DE VERANO (Junio / Julio)	INICIO DE CAIDA (Septiembre / Octubre)
Renuevos		
Hass	7	3
Bacon	7	2
Fuerte	12	4
Pinkerton	10	27
Gwen	20	< 1
Patrones (Raíces)		
Duke 7	95	17
Topa Topa	33	30
G 755	27	17
Borchard	36	30
Thomas	32	13
Toro Canyon	15	64

- La actividad de la nitrato reductasa fue determinada por el método de Scholl et al. (1994).

Tabla 3. Actividad de la glutamina sintetasa en hojas y raíces de renuevos de palto y Variedades patrones, respectivamente.

Nmol glutamil hidroxamate sintetizados/mg proteína/hr*		
Variedad (tejido)	COMIENZO DE VERANO (Junio / Julio)	COMIENZO DE CAIDA (Septiembre /Octubre)
Renuevos		
Hass	338	5.867
Bacon	< 1	< 1
Fuerte	5.773	2.130
Pinkerton	2.008	9.476
Gwen	932	6.374
Patrones		
Duke 7	10.435	17.533
Topa Topa	4.766	6.926
G 755	747	2.086
Borchard	7.022	7.318
Thomas	14.757	45.603
Toro Canyon	2.396	12.503

* La actividad de la glutamina sintetasa fue determinada por el método de McCormick et al. (1.982).

Tabla 4. Contenido de materia seca de los tejidos de palto 'Hass' expresados como un porcentaje del peso fresco, contenido total de nitrógeno en hojas y contenido de nitrato como porcentaje de peso seco.

Tejido	% peso seco	% N	% NO ₃
Nuevos brotes	36	2,50 ± 0,14	0,10 ± 0,02
Hojas	40	1,85 ± 0,07	0,21 ± 0,03
Frutos	33		
Semillas		0,68 ± 0,07	0,07 ± 0,02
Pulpa		0,85 ± 0,07	-
Ramas pequeñas ([2,5 ctms.)	38	1,53 ± 0,15	0,11 ± 0,02
Ramas pequeñas (2,5 a 5,0 ctms.)	55	0,78 ! 0,16	0,07 ! 0,01
Andamiaje de Ramas	47	0,46 ! 0,13	0,05 ! 0,01
Renuevo del Tronco	48		
Corteza		0,77 ! 0,06	0,14 ! 0,02
Madera		0,38 ! 0,03	0,06 ! 0,02
Tronco Patrón	41		
Corteza		0,73 ! 0,06	0,12 ! 0,02
Madera		0,31 ! 0,02	0,06 ! 0,01
Andamiaje Raíces	37	0,77 ! 0,04	0,25 ! 0,04
Raíces pequeñas	35	0,73 ! 0,14	0,14 ! 0,05
Nuevas raíces	4,6	1,35 ! 0,20	0,18 ! 0,02