

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**Época de Aplicación de Nitrógeno Foliar en Árboles de Manzano
(*Malus domestica* Bork)**

Por:

ARMANDO AGUILAR JUÁREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Abril de 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

Época de Aplicación de Nitrógeno Foliar en Árboles de Manzano
(*Malus domestica Bork*)

Por:

ARMANDO AGUILAR JUÁREZ

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial
para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

Ing. José Rodolfo Peña Oranday
Presidente del Jurado

Dr. Reynaldo Alonso Velasco
Asesor

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas
Asesor

Ing. Gerardo Rodríguez Galindo
Asesor

El Coordinador de la División de Ciencia Animal

Ing. José Rodolfo Peña Oranday

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Abril de 2008

DEDICATORIA

A Dios:

A Dios por darme la vida y la oportunidad de realizar este sueño y darme la fe de que esto durará por siempre.

A mis Padres:

Por su gran apoyo desde siempre, y que en todo momento me mostraron todo su cariño y comprensión, y que en los momentos difíciles cuando yo los necesitaba ellos me brindaron su más sincero apoyo para superarlos, y seguir adelante para progresar y llegar ser alguien en la vida.

A mis Hermanos:

Rosa

Maria Elena

Teresa

Con todo el cariño que les tengo, por la confianza que depositaron en mi y por el gran amor y armonía que hace de nuestra familia.

A mis Sobrinos:

Juan Carlos

Luís Armando

Luís Fernando

Aléxis Adrián

Erick Mauricio

Dario Alejandro

Por su gran apoyo moral, con quienes he convivido y disfrutado grandes momentos de mi vida, a ustedes les deseo el mejor de los exitos donde quieran que se encuentren.

A mis Amigos:

Jose Nicanor, Fernando, Pablo, Gildardo Rene, Rolando, Agustin, Camilo, Mauricio Ricardo, Jose Raul, Jorge Luis, Luis Alejandro, Jose Manuel, Jose Elias, Luis Felipe, Eriber, Rey David, Jorge, Luis Arturo, Eliseo Bernabel, Everardo, Jorge Antonio, Madain, Jose Miguel, Victor Manuel, Rolando, etc.

Por sus amistades y ayuda, motivaciones y a todas aquellas personas que de alguna manera influyeron para la culminacion del presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater” Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios, de la cual estoy muy orgullosamente agradecido para toda la vida.

Al Departemnto de Horticultura por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo de investigaci3n.

Al Ing. Jose Rodolfo Pea Oranday por su gran colaboraci3n y su valiosa ayuda para la revisi3n de este presente trabajo.

Al Dr. Reynaldo Alonso Velasco le agradezco la oportunidad que me brindo de realizar el presente trabajo. Y por sus atenciones, por sus valiosos tiempos y sugerencias acertadas para poder llevar a cabo la culminacion de este trabajo de investigaci3n.

Al Dr. Victor Manuel Reyes Salas por su valiosa colaboracion en la realizacion de este trabajo.

Al Ing. Gerardo Rodriguez Galindo por su gran colaboracion y su valiosa para llevar a cabo la culminacion de este trabajo.

A la Sra. Teresa de la Pea Alvarez le doy las gracias por su confianza depositado en mi, por su amistad incomparable y por tantas atenciones que ha tenido hacia mi, de todo coraz3n , muchas gracias.

EPOCA DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO FOLIAR EN ÁRBOLES DE MANZANO (*Malus domestica Bork*)

RESUMEN

Con el propósito de determinar la época más apropiada de fertilización nitrogenada en árboles de manzano y su efecto en el rendimiento y calidad del fruto, se establecieron ocho tratamientos en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones: Un testigo y siete épocas de aplicación: Primavera (P); Verano (V); Primavera-Verano (PV); Primavera-Verano y Otoño (PVO); Verano-Otoño y Poscosecha (PV + PC); Cuatro aplicaciones en el mes de Julio (4J); Poscosecha (PC). En todos los tratamientos se aplicó urea foliar al 3%, cada 15 días. No se encontró diferencias significativas en el número de frutos, diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales (SST). El tratamiento con las aplicaciones de nitrógeno en PV indujeron significativamente el crecimiento lateral y terminal de brotes, este último con una mayor longitud. Con la aplicación de nitrógeno en VO + PC, se obtuvo un incremento del 100% en el rendimiento total de los frutos, comparado con el tratamiento testigo sin fertilización. Se concluye: Que las aplicaciones foliares de urea al 3% en Verano-Otoño y Poscosecha como complemento a la fertilización inicial nitrogenada, es la más apropiada para el cultivo de manzano, ya que incrementan significativamente el rendimiento del fruto.

Palabras clave adicionales: Nitrógeno, Fertilización, Manzano, Época.

APPLICATION TIME THE NITROGEN FERTILIZER IN APPLE TREES

SUMMARY

To determine the appropriate application time of nitrogen fertilizer in apples trees to increase yield and quality fruit, eight treatments were set up in a random design of blocks with four replications: Control, Spring (S), Summer (V), Spring - Summer (SV), Spring – Summer - Autumn (SVA), Summer - Autumn and Postharvest (VA+PH) four applications in July (4J) Postharvest (PH). We applied 3% of urea to all treatments every 15 day. It was not found significant differences on fruit number, ecuatorial diameter and total soluble solids (TSS). The treatment to supplied fertilizer nitrogen in PV induced significantly the lateral and terminal growth in shoots, these with longer terminal shoot. With application nitrogen fertilizer in VA+PH. Fruit yield increased obtained of 100% in comparison with treatment not fertilized. These results indicate that fertilizer nitrogen with urea 3% in Summer, Autumn and Postharvest increased significantly the fruit apples yield.

Additional key words: Nitrogen, Fertilizer, Apple, Epoch.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	IV
INDICE DE CONTENIDO.....	VI
INDICE DE CUADROS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	5
Hipótesis.....	6
2.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
Formas del nitrógeno en el suelo.....	7
Movimiento ascendente de compuestos nitrogenados.....	7
Acumulación de nitrógeno en hojas.....	9
Reciclaje del nitrógeno.....	10
El destino del nitrógeno en la hoja durante la senescencia de otoño.....	11
Importancia del nitrógeno almacenado en el crecimiento y desarrollo del Árbol.....	13
Almacenamiento de nitrógeno.....	14

Reutilización del Nitrógeno almacenado durante el crecimiento de la Primavera.....	15
3.- MATERIALES Y METODOS.....	17
Ubicación del experimento.....	17
Crecimiento lateral y terminal de brotes.....	18
Concentración de nitrógeno en la hoja (%).....	18
Rendimiento y número de frutos.....	18
Sólidos solubles totales (SST).....	18
Diámetro polar y ecuatorial del fruto (cm).....	19
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
5.- CONCLUSIONES.....	27

INDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Número, diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales en frutos de manzano con diferentes épocas de aplicación de nitrógeno foliar.....	23
Cuadro 2. Dinámica de la Concentración de N (%) en las Hojas de Manzano con Diferentes Épocas de Fertilización foliar Nitrogenada.....	25

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Crecimiento de brote lateral y terminal en el árbol de manzano con diferentes épocas de fertilización nitrogenada. (1: Testigo: 2: P; 3: V; 4: PV; 5: PVO; 6: VO+PC; 7: 4J; 8: PC).....	20
Figura 2. Rendimiento de fruto (kg/ árbol) en árboles de manzano con fertilización nitrogenada. (1: Testigo: 2: P; 3: V; 4: PV; 5: PVO; 6: VO+PC; 7: 4J; 8: PC) (Barras con la misma letra son medios estadísticamente iguales, prueba de Tukey $p \leq 0.01$).....	21
Figura 3. Dinámica nutrimental de N (%) en hojas de manzano en diferentes épocas de aplicación foliar.....	26

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es considerado un factor dominante en el crecimiento y desarrollo de los árboles de manzano y otros cultivos hortícolas. Los rendimientos más elevados se obtienen cuando todos los factores que determinan la producción, entre ellos el estado nutrimental se encuentran en sus niveles óptimos. Los efectos del nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo, floración y amarre de fruto. Rendimiento, madurez y fisiología de Postcosecha en mucho de los casos ya han sido estudiados, sin embargo, existe poca información relacionada con los tiempos de aplicación del nitrógeno en este cultivo. La mayor parte de los árboles de manzano en producción en la sierra de Arteaga en el Estado de Coahuila, tienen niveles marginales de fertilización nitrogenada en esta región generalmente se fertiliza al suelo al inicio de la Primavera antes de la brotación y solo un bajo porcentaje de los productores los complementan con aplicaciones foliares.

Existen pocas evidencias de que variaciones en el tiempo de aplicación del nitrógeno conducen a otras respuestas que también alteran los niveles de nitrógeno en los diversos tejidos del árbol. La obtención de alternativas de aplicación tanto al suelo como al follaje a través del riego puede traer como consecuencia una mayor eficiencia en la absorción de nitrógeno. Que las fuentes de nitrógeno, ocasionan poca diferencia siempre y cuando otros factores no sean limitantes.

En el manzano los nutrientes de reserva son de gran importancia y es obvio cuando se considera el hecho de que la brotación de la yema en la Primavera tiene lugar en la época cuando las condiciones para la absorción radical no son siempre óptimas. (Gu et al, 1985), confirmaron lo anterior y agregaron que el nitrógeno utilizado en la floración y la brotación foliar y en el amarre de fruto y el período de crecimiento rápido que le sigue, provienen del nitrógeno almacenado en la raíz y el tallo en el año anterior, y el cual es utilizado en su totalidad antes de que finalice Junio (Raese *et al*, 1998).

Frith. (1976), reportó la ocurrencia de la nitrato reductasa en raíces de manzano indicando que la raíces finas de manzano mostraron la tasa más alta de la reducción del nitrato a través de la estación, mientras que en las raíces principales la reacción fue mucho más baja. En resumen se considera que la mayor reducción del nitrato se lleva a cabo en las raíces.

Hill-Cottingham y Cooper. (1970), reportan que hay acumulación de asparagina y arginina, especialmente en raíces de los árboles jóvenes de manzano, con la aplicación del nitrógeno en Otoño. Estas observaciones bien pueden ser un reflejo de la conservación de nitrógeno en las raíces. Sin embargo, enfatizó que estos estudios están relacionados con el nitrógeno soluble y el nitrógeno proteico siendo de muy poca importancia. Las aplicaciones de nitrógeno en Otoño (final de Octubre y a través de principios de Noviembre) incrementó el nivel de nitrógeno principalmente en las raíces.

Aplicaciones foliares y al suelo con urea como fuente de N incrementaron los rendimientos en manzano y el crecimiento vegetativo cuando se aplicaron dosis altas (16g litro⁻¹ de urea), mientras que las tasas bajas de N indujeron precocidad y una mayor calidad del fruto al incrementar la firmeza del fruto (Fallahi *et al*, 1998; Hennerty, *et al*, 1977).

Khemira *et al*, (1998) realizó un trabajo en árboles de manzano Delicious Top red utilizando N-urea y N-NH₄NO₃ en varias fechas de fertilización encontrando que cuando las aplicaciones se realizan en Primavera (Marzo), el N es translocado preferentemente a los frutos, hojas y ramas y una mínima proporción es translocado a las raíces, mientras que las aplicaciones realizadas en Verano (Agosto) el N es translocado principalmente a las ramas viejas y espolones (Razeto *et al.*, 1996; Jager *et al*, 1997).

La importancia de los materiales de reserva es obvia cuando uno considera el hecho de que la brotación de la yema en la Primavera toma lugar en la época cuando las condiciones para la absorción radical no son siempre óptimas. En esta época el reciclaje de N puede ser crítico en abastecer de N a tejidos en desarrollo (Grasmanis y Nicholas, 1971), sin embargo, indicaron la importancia del N actualmente absorbido para el primer crecimiento de Primavera, puesto que el N total de otros tejidos tales como la corteza, madera y raíces no fueron disminuidos significativamente, mientras que el porcentaje mas alto de N fue encontrado en los tejido nuevos.

La aplicación de N en Otoño aumentó el nivel del mismo principalmente en las raíces durante el Invierno (Tromp, 1976). Sin embargo el N que emigra de las hojas en senescencia benefició principalmente a las partes aéreas del árbol.

El incremento de N proporcionado por las aspersiones de urea en poscosecha fue observado en el tallo, corteza de los brotes y en las raíces O, Kennedy *et al.*, (1975), encontraron un porcentaje superior de N en la corteza, pero ellos no excluyeron el papel de la madera como un tejido de almacenamiento de N, especialmente para almacenamiento de N soluble.

La mayor parte de los árboles de manzano en producción en la sierra de Arteaga en el estado de Coahuila tienen niveles marginales de fertilización nitrogenada.

Objetivo

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la mejor época de aplicación del nitrógeno en el cultivo del manzano, para aumentar la calidad y el rendimiento del árbol.

Hipótesis

La aplicación de nitrógeno foliar en árboles de manzano en diferentes épocas del año no afecta el rendimiento y la calidad de los frutos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Formas del nitrógeno en el suelo

Movimiento ascendente de compuestos nitrogenados

Ahora se sabe que la translocación en las plantas no es un fenómeno simple. Sin embargo, la conclusión principal obtenida hace casi 300 años es todavía aceptada, y el concepto básico esencialmente ha permanecido inalterado: Los elementos minerales absorbidos son movidos hacia arriba en el xilema y los materiales orgánicos hacia abajo en el floema. Otro concepto recientemente agregado a esta conclusión puede ser que los asimilados se mueven de la fuente al punto de demanda. Sin embargo, este modelo simplificado no puede dar explicación a todos los resultados experimentales, como lo ha enfatizado Canny (1973).

Por otro lado, otros resultados de investigación indican que el tejido del xilema es el camino principal para la translocación ascendente de los compuestos nitrogenados (Tromp y Ovaa 1979). Aunque la evidencia es indirecta, el consenso actual es que el movimiento hacia arriba de los compuestos nitrogenados en el manzano es en su mayor parte a través del xilema.

Con la amplia disponibilidad de compuestos radioactivos en la investigación agrícola, los experimentos de anillado han llegado a ser una herramienta más potente para elucidar la ruta principal de movimiento en las plantas. Titus (1981) estudió la translocación del C^{-14} dada a las raíces de árboles de manzano anillados y no anillados.

El movimiento de la urea ^{-14}C a las partes aéreas no fue detenido por el anillado, y no hubo acumulación del material marcado abajo del anillo. El ^{14}C fue translocado pasando el anillo hacía la parte aérea en cantidades significativas durante un período de 29 días. De esto resultados ellos concluyeron que el N orgánico fue transportado hacia arriba en el xilema.

El movimiento hacía arriba de los compuestos nitrogenados puede no estar confinado exclusivamente a la translocación en el xilema. Se tiene que el movimiento lateral de alimento y nutrimentos ocurre, aunque lentamente, y el crecimiento cambial es una respuesta de la conexión de los flujos de alimentos elaborados y nutrimentos. También notaron el movimiento lateral de ^{15}N al floema. La urea ^{-14}C y sus productos metabólicos se incrementaron a los 120 minutos en los segmentos de corteza aislados de el manzano (Shim et al, 1973), indicando que el movimiento radial directo de la urea y probablemente de aminoácidos ocurre del xilema al tejido del floema. El intercambio entre el xilema y el floema tendría que ocurrir a través de las células del sistema radical y del cambium.

Otra complicación en el problema de translocación ha sido señalado por Spencer y Titus (1971), ellos rastrearon el movimiento de ^{14}C -glutamato y ^{14}C -aspartato proporcionados a las raíces de árboles Jóvenes de manzano, encontraron que el glutamato y sus productos metabólicos tendieron a acumularse en los tejidos del floema aproximadamente a los mismos niveles como los que fueron detectados en el xilema. Esto fue en contraste al aspartato y su productos metabólicos, los cuales estuvieron concentrados en el xilema.

Los resultados sugieren que ambos el xilema y el floema pueden estar involucrados, especialmente en la translocación del glutamato.

En cualquier experimento con aplicación de fertilizante con N a los árboles, la edad, tamaño. Y reservas de N del árbol pueden dificultar la interpretación de los resultados experimentales puesto que la cantidad de N absorbido puede ser pequeña con relación al N total en todo el árbol. Por esa razón experimentos más controlados en el manzano son llevados a cabo en árboles jóvenes con reservas bajas de N.

Tasas altas de N son frecuentemente empleadas en árboles jóvenes en tales estudios experimentales. Los resultados de estos experimentos pueden no ser aplicables a árboles adultos bajo condiciones del huerto. (Nielsen et al 1993).

Acumulación de nitrógeno en Hojas

Entre los tejidos en desarrollo de un árbol de manzano, el tejido de la hoja esta considerado como un almacén primario de compuestos nitrogenados. Uno de los primeros reportes sobre distribución cuantitativa de N en árboles de manzano estimó que la cantidad de N requerido en Kg .árbol⁻¹ por las diferentes partes de árboles en producción de tamaño promedio de 18 a 20 años de edad fueron como sigue: 0.18 para la cosecha de fruto, 0.18 para hojas caídas, 0.16 para el crecimiento de la raíz, 0.16 para la parte aérea, 0.05 removido por poda y 0.03 removido por frutos y flores caídas. Otra vez, esto es un porcentaje bajo comparado con aquél de un árbol de manzano más joven con menos tejido de almacenaje. Fallahy et al (1998) reportó que, dependiendo de los métodos de aplicación del N, de 40 a 50% del N total en un árbol de manzano estuvo presente en las hojas a finales de Agosto.

En resumen, el N es translocado hacia arriba en la forma de aminoácidos principalmente en el xilema del árbol. Esto es en contraste a las plantas herbáceas, en las cuales es sabido que el N orgánico asciende en el floema. La translocación lateral desde el xilema al floema puede ocurrir, pero más lentamente que el movimiento hacia arriba. Cuando el N es movilizado a tejidos en pleno desarrollo a principios de la Primavera con actividad despreciable de absorción radical, el tejido del floema puede jugar un papel sobresaliente, especialmente a una distancia corta.

Los principales aminoácidos que llevan N a las partes aéreas del árbol son aspartato y glutamato, sus amidas y argininas. La predominancia de estos aminoácidos parece ser el caso si ellos se originan del N recientemente tomado o de la hidrólisis de las proteínas de reserva. El tejido de la hoja en pleno crecimiento actúa como una reserva de compuestos nitrogenados importados desde las raíces. Sin embargo, gran parte del N importado está presente como proteínas en la hoja.

Reciclaje del nitrógeno

Los árboles frutales deciduos tienen un sistema cíclico único que conserva al N que de otra manera sería perdido por la abscisión de la hoja. Esto involucra la movilización otoñal del N en la hoja hacia los tejidos leñosos, donde está disponible para el crecimiento en la siguiente estación.

Hay varias revisiones sobre senescencia, aunque estas no enfatizan el ahorro de N de los árboles. Algunos aspectos de almacenaje y movilización de compuestos nitrogenados en árboles frutales han sido revisados por Titus (1981).

Es relevante enfatizar aquí las dificultades en interpretar datos relacionados con la cantidad de nitrógeno transformado o transportado de un tejido a otro del árbol. Es especialmente difícil de comprar datos en desarrollo que son expresados en formas diferentes. Sería más útil expresar los datos de las hojas tanto sobre una base absoluta y una base en porcentaje, en desarrollo en términos de un parámetro constante que en sí mismo no cambie con el tiempo. Aunque es posible expresar los datos de las hojas tanto sobre una base absoluta y una base en porcentaje, los resultados en las ramas no pueden ser enunciados así a menos que todo el árbol sea tomado para análisis, lo cual no es práctico en experimentos de este tipo. Obviamente un cambio en la concentración de N en un tejido (una medida usada en la mayoría de los estudios). Puede ser ocasionado por un cambio ya sea en el contenido de N o de materia seca del tejido. Por lo tanto, todos los datos reportados en una base a concentración no son satisfactorios y pueden ser cuestionados a futuro.

El destino del nitrógeno en la hoja durante la senescencia de otoño

Generalmente es reconocido que el N en la hoja es reabsorbido por los árboles antes de la abscisión de la hoja. El porcentaje de N perdido de las hojas de manzano durante la senescencia varía de 23% a 50% (Hennerty y Morgan, 1977). En un caso extremo, en el cual la senescencia de la hoja había sido inducida en una cámara de crecimiento, tanto como el 70% del N inicial había sido perdido en la abscisión de la hoja por unidad de área foliar.

El N en la hoja empieza a declinar a partir del inicio de senescencia o probablemente a partir de la fecha cuando cesa el crecimiento activo de los brotes.

Se reportó que la disminución más rápida de N y materia seca en el tejido de la hoja de manzano empieza 3 o 4 semanas antes de la abscisión. Esta observación ha establecido la base para las aspersiones de Postcosecha de urea poco antes de la abscisión de la hoja. Sin embargo, el período en el cual el N en la hoja empieza a declinar puede variar dependiendo sobre la disponibilidad de nutrientes, carga de cosecha, y condiciones climáticas, especialmente las temperaturas.

Los principales constituyentes del N en las hojas de especial importancia en el reciclaje de N, son las proteínas y aminoácidos. La proteína en el tejido de la hoja disminuye aproximadamente a 40% durante la senescencia (Titus, 1981). Los aminoácidos sin embargo, no se acumulan en el tejido de la hoja en este período de disminución de proteína, sugiriendo que ellos son movilizados rápidamente hacia los tejidos leñosos. Los cambios estacionales en el nivel de aminoácidos en el período semejan a aquellos en la lámina de la hoja a través del período de senescencia. Un incremento dramático en los aminoácidos en el tejido de la hoja ha sido observado justo antes de la abscisión de la hoja. La RuBP carboxilasa es la proteína principal desdoblada durante la senescencia Otoñal del manzano (Kang y Titus 1980).

Importancia del nitrógeno almacenado en el crecimiento y desarrollo del Árbol

La importancia de los materiales de reserva es obvia cuando uno considera el hecho que la brotación de la yema en la primavera toma lugar en la época cuando las condiciones para la absorción radical no son siempre óptimas y cuando la superficie fotosintética no está disponible para la producción de esqueletos de carbono necesarios. En esta época, el reciclaje de N puede ser crítico en abastecer de N a los tejidos en desarrollo sin embargo, indicaron la importancia del N actualmente absorbido para el primer crecimiento de Primavera, puesto que el N total de otros tejidos tales como la corteza, madera, y raíces no fueron disminuidos significativamente, mientras que el porcentaje más alto de N fue encontrado en los tejidos nuevos en desarrollo,(Cui et al 1994).

Una cantidad considerable de ^{15}N recientemente absorbida fue translocada a los tejidos en crecimiento. Sin embargo, sus temperaturas en el invierno fueron 26° y 9° C para la máxima y mínima, respectivamente, Tromp y Ovaas (1976, 1979) también concluyeron que el crecimiento nuevo se beneficia más del N recientemente absorbido y que el N total en las raíces y corteza (cáscara) disminuyó poco o permaneció inalterado en la Primavera. De todas maneras, hay siempre una suposición en "sí el N recientemente absorbido es disponible". Es también notable que la hidrólisis de la proteína de la corteza no es afectada aún si hay abastecimiento de N recientemente absorbido.

Parece que no hay duda que el N de reserva influencia el crecimiento y desarrollo del árbol al inicio de la Primavera bajo muchas condiciones prevalecientes en los huertos de clima templado. Sin embargo, esto no es para decir que el reabastecimiento de N por la absorción radical no es importante, la contribución cuantitativa de N tomado por las raíces puede ser más importante de aquel almacenado de hojas en senescencia. Aquí se enfatiza que el N absorbido por las raíces puede no estar disponible para el crecimiento a principios de la Primavera y para incrementar el porcentaje de flores que amarran fruto.

Almacenamiento de nitrógeno

El primer trabajo realizado indicó que el N de la hoja se regresó hacia los espolones y ramas pero eventualmente fue translocada a la madera más vieja y al sistema radical. Esta es una observación interesante con relación a la época de poda, ellos recomiendan que la poda sea retrasada hasta finales del Invierno o principios de la Primavera cuando el movimiento de N ha sido completado a las partes más próximas del árbol. Se reportó que el tejido radical era el sitio principal de acumulación de N almacenado en los árboles de durazno. Se observó que aproximadamente del 60 a 80% del N almacenado en árboles de durazno de 2 años en reposo se encontró en tejidos de la raíz y esta proporción era independiente del tratamiento de N. La cantidad de N abastecido en esa época, y había más N acumulado en las raíces que en la parte aérea.

El incremento en el N proporcionado por las aspersiones de urea en Postcosecha fue observado en el tallo, la corteza de los brotes, y en las raíces. O'Kennedy et al (1975), encontraron un porcentaje superior de N en la corteza, pero ellos no excluyeron el papel de la madera como un tejido de almacenamiento de N, especialmente para almacenamiento de N soluble.

Por lo tanto la acumulación de N derivado de hojas en senescencia en tejidos y órganos diferentes puede ser afectada drásticamente por los siguientes factores: (1) Condiciones del tiempo durante el período de senescencia y Postsenescencia, (2) Edad del árbol, relaciones parte aérea: raíz, y relaciones corteza: madera en diferentes partes del árbol: (3) El estatus de N en el árbol; y (4) La forma de N que está siendo considerado.

Reutilización del Nitrógeno almacenado durante el crecimiento de la Primavera

El nitrógeno almacenado está disponible para el crecimiento nuevo al inicio de la Primavera. Este proceso es similar a aquél de las semillas que germinan, donde el crecimiento nuevo es dependiente de los materiales de reserva (Mayer y Shain, 1974).

La proteína conservada en los sitios de almacenaje en los tejidos leñosos del manzano pueden abastecer gran parte del nitrógeno para el crecimiento nuevo. Evidencia substancial indica que el nitrógeno soluble se incrementa mientras que la proteína disminuye en los tejidos leñosos durante el crecimiento de Primavera.

Con experimentos anillados, se demostró la movilización en la Primavera de nitrógeno proteico en la corteza del tallo. Ellos encontraron que el floema juega un papel en el movimiento de este nitrógeno. El anillado de la corteza previno el movimiento del nitrógeno desde abajo del anillo, ambos en las secciones del brote y en los portainjertos intactos.

Análisis de la fracción de nitrógeno de secciones aisladas de corteza mostraron que el nitrógeno soluble estaba caracterizado por niveles altos de asparagina y arginina. La composición de aminoácidos de la fracción soluble de nitrógeno fue diferente de aquella de la proteína (Tromp y Ovaa 1971).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente estudio se llevo a cabo durante el ciclo 2000 y 2001, en una huerta de manzano con el cultivar Golden Delicious con el portainjerto semi-enano M M 9, en el Tunal Municipio de Arteaga, Coahuila, localizado a los 25° 40' latitud norte y 2135 msnm, con una edad de 8 años y una distancia de 2 metros entre árboles y 3 metros entre hileras.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloque al azar con 8 tratamientos y cuatro repeticiones con 12 árboles como unidad experimental y los dos árboles centrales se consideraron como parcela útil. En todos los tratamientos se utilizó Urea Lobi al 3% como fuente de N y se manejaron 7 épocas de aplicación: En Primavera, Abril-Junio (P); Verano, Julio-Agosto (V); Primavera-Verano (PV); Primavera-Verano y Otoño (PVO); Verano-Otoño y Poscosecha (VO+PC); Cuatro aplicaciones en el mes de Julio (4 J); Poscosecha (PC) y un testigo. Se realizó una aplicación de urea vía fertiriego con 80 Kg de N ha⁻¹ al inicio de Primavera.

Las aplicaciones en cada tratamiento se realizaron cada 15 días con aspersora de mochila manual y se realizó el análisis de varianza en todas las variables en estudio. Y en aquellos en que se encontró diferencia estadística se realizó la prueba de medias Tukey ($P \leq 0.01$). Las variables analizadas fueron las siguientes:

Crecimiento lateral y terminal de brotes

Durante el mes de Abril se marcaron cuatro yemas en ramas laterales en los dos árboles de la parcela útil en cada tratamiento, y dos yemas en una rama líder y se realizó una sola medición en (cm) al final del ciclo de crecimiento vegetativo en el mes de Julio.

Concentración de nitrógeno en la hoja (%)

Una vez iniciada la brotación foliar se realizaron muestreos de hoja cada 30 días hasta el mes de Septiembre. Se analizaron muestras foliares compuestas en cada uno de los tratamientos en estudio, para la cual se colectaron hojas de la parte intermedia de las ramas, se secaron en estufa a 70°C y una vez molidas se les determinó, el contenido de N total utilizando la técnica de digestión con un equipo micro Kjeldhal.

Rendimiento y número de frutos

Durante la cosecha se registró el número total y el rendimiento de frutos en kg por árbol.

Sólidos solubles totales (SST)

En cada árbol de la parcela útil se tomaron al azar 10 frutos y se colocó una gota del jugo del fruto en un refractómetro ABBE MARK II, el cual previamente se calibró con agua. Los resultados se expresaron como Brix.

Diámetro polar y ecuatorial del fruto (cm)

A los frutos utilizados para determinar los sólidos solubles totales, se les hizo medición del diámetro polar y ecuatorial expresado en (cm). Utilizando un vernier metálico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas para las variables crecimiento lateral y vertical de brotes vegetativos $P \leq 0.01$ (Figura 1) donde se puede observar que el crecimiento vertical es mayor que el crecimiento lateral, lo que confirma que las ramas una vez terminales, son dominantes y generalmente más largas que las laterales, las cuales cesan su crecimiento más temprano. Estos resultados coinciden con los reportados por (Fallahi *et al*, 1998; Hennerty *et al*, 1977) ya que cuando se tienen aplicaciones excesivas o con mayor frecuencia de N se fomenta el crecimiento vegetativo y en este caso para los dos tipos de crecimiento se obtienen con las aplicaciones de Urea al 3% durante la Primavera y el Verano, por lo cual una aplicación excesiva de N puede disminuir la producción de frutos y una mayor extensión de los brotes vegetativos

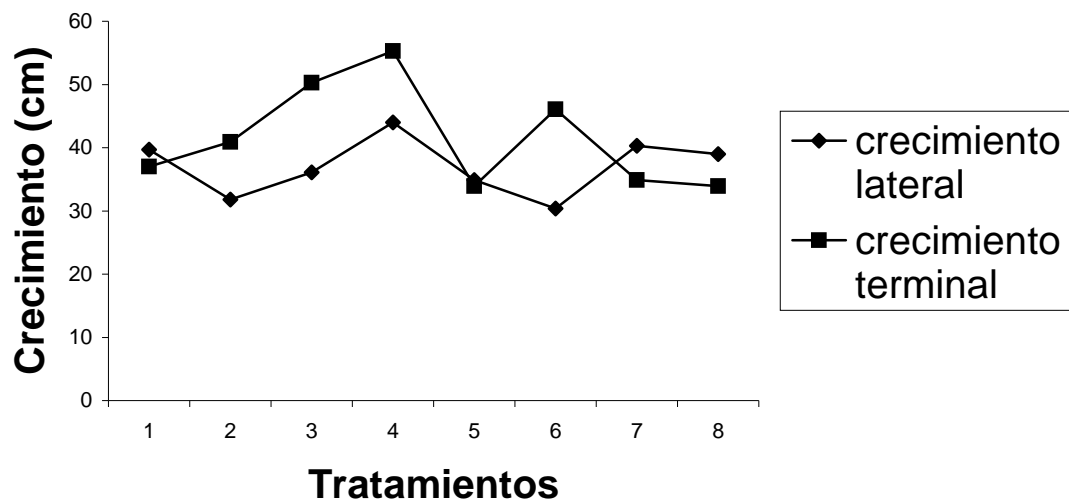


Figura. 1. Crecimiento de brote lateral y terminal en el árbol de manzano con diferentes épocas de fertilización nitrogenada. (1: Testigo; 2: P; 3: V; 4: PV; 5: PVO; 6: VO+PC; 7: 4J; 8: PC).

En la Figura 2, se presentan los resultados del rendimiento de fruto expresado en Kg por árbol, el cual mostró significancia estadística ($P \leq 0.01$). Los mayores rendimientos de fruto se obtienen cuando se aplica N foliar utilizando Urea al 3% y aplicada cada 15 días durante el Verano y el Otoño y dos aplicaciones posteriores a la cosecha durante los meses de Octubre y Noviembre.

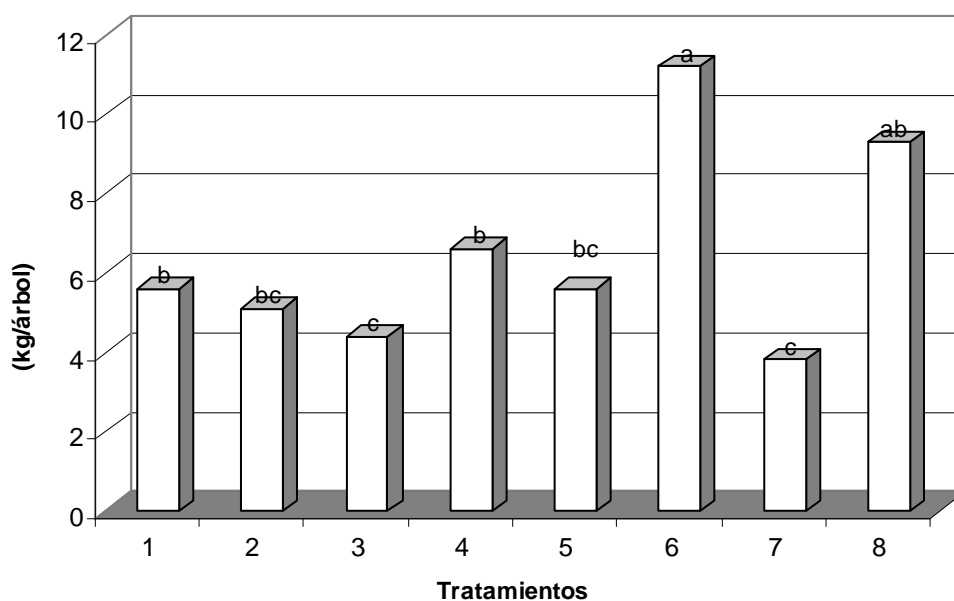


Figura 2. Rendimiento de fruto (kg/ árbol) en árboles de manzano con fertilización nitrogenada. (1: Testigo: 2: P; 3: V; 4: PV; 5: PVO; 6: VO+PC; 7: 4J; 8: PC)

** Barras con la misma letra son medios estadísticamente iguales, prueba de Tukey $p \leq 0.01$.

Con este tratamiento se obtuvieron incrementos en rendimiento de hasta el 100% en relación al testigo sin fertilización y coinciden con los resultados obtenidos por (Razeto *et al.*, 1996; Fallahi *et al* 1997; Tromp 1976; Khemira *et al.*, 1998; Jager *et al.*, 1997). Quienes resaltan la importancia del N aplicando durante el Verano y el Otoño el cual es translocado a los frutos, ramas y raíz y que constituyen órganos de reserva de N para ser aprovechado por el árbol en el siguiente ciclo productivo.

No se encontró diferencia significativa para las variables, número de frutos, diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número, diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales en frutos de manzano con diferentes épocas de aplicación de nitrógeno foliar.

Tratamiento	No. de frutos	Diámetro Ecuatorial (Cm)	Sólidos solubles Brix
TESTIGO	24 a	6.7 a	14.8 a
P (Abril-Junio)	28 a	6.9 a	13.7 a
V (Julio-Agosto)	25 a	6.9 a	14.2 a
PV(Abril-Agosto)	28 a	6.7 a	14.0 a
PVO (Abril-October)	30 a	6.9 a	14.0 a
VO+PC	36 a	7.7 a	14.5 a
4 J(Julio)	24 a	7.2 a	15.3 a
PC (October-Noviembre)	37 a	7.2 a	14.3 a

P= Primavera V= Verano O= Otoño PC= Poscosecha 4 J (Cuatro aplicaciones en Julio).

El número de frutos por árbol no mostró diferencia significativa, sin embargo, a nivel de medias se observa una tendencia de una mayor producción en número de frutos por árbol cuando se realizan aplicaciones de N foliar durante todo el ciclo vegetativo, inclusive con las aplicaciones de poscosecha. Estos resultados confirman lo mencionado por Khemira *et al*, (1998) quienes indican que cuando el N es aplicado en el Verano y Otoño se transloca principalmente a las ramas viejas y raíz, por lo cual al constituirse como N de reserva puede repercutir en una mayor producción y amarre de frutos en la siguiente estación de crecimiento y por lo tanto una mayor cantidad de frutos al momento de la cosecha. Las aplicaciones tardías de Nitrógeno parecen tener efecto positivo al aumentar el diámetro, la firmeza y los sólidos solubles totales en los frutos, (Jager *et al*, 1997; O'Kennedy *et al*, 1975; Raese *et al*, 1997).

En el Cuadro 2, se muestran las concentraciones de N en (%) en las hojas de manzano en los diversos tratamientos con aplicaciones de Urea al 3% en donde se determino, que independientemente del tratamiento en estudio y de las diferentes épocas de aplicación, la dinámica de concentración de N foliar en árboles de manzano durante un ciclo de crecimiento indica, que a medida que avanza la edad de la hoja disminuye la concentración de N, ya que los árboles frutales deciduos tienen un sistema cíclico único que hace que el N al final del crecimiento de las hojas se almacene en otros órganos de reserva.

Cuadro 2. Dinámica de la Concentración de N (%) en las Hojas de Manzano con Diferentes Épocas de Fertilización foliar Nitrogenada.

Tratamiento	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
TESTIGO	2.9	1.7	2.2	2.0	1.8	1.5
P	3.1	.8	2.4	2.1	.6	1.3
V	3.0	1.8	2.6	2.1	1.5	1.6
P.V	3.0	2.1	2.7	2.2	1.6	1.4
P.V.O	2.9	1.9	2.8	1.9	1.4	1.6
VO+PC	3.1	2.1	2.6	2.0	1.3	1.0
4J	3.0	2.2	2.5	2.2	1.5	1.2
PC	2.8	1.9	2.4	2.2	1.6	1.0

P= Primavera V= Verano O= Otoño PC= Poscosecha 4J = Aplicaciones en Julio

En la figura 3, se observa que la dinámica de N en la hoja de manzano durante la estación de crecimiento se ajusta a un modelo lineal con un coeficiente de determinación (r^2) de 0.98, lo que indica que al inicio del crecimiento vegetativo se tiene la mayor concentración de N en las hojas, y a medida que avanza la edad de la misma disminuye la concentración, sin embargo durante el mes de Mayo se presentó una disminución en la concentración de N en la hoja para posteriormente incrementarse, la reducción en la concentración de N en el mes de Mayo se explica ya que en esta época se presenta un efecto de dilución debido a que la velocidad del crecimiento vegetativo es mayor que la velocidad de acumulación de N.

Posteriormente en el mes de Julio se incrementa y a partir de este mes disminuye paulatinamente y se transloca principalmente a la raíz y al tallo para constituirse en N de reserva y ser utilizado en la siguiente estación de crecimiento.

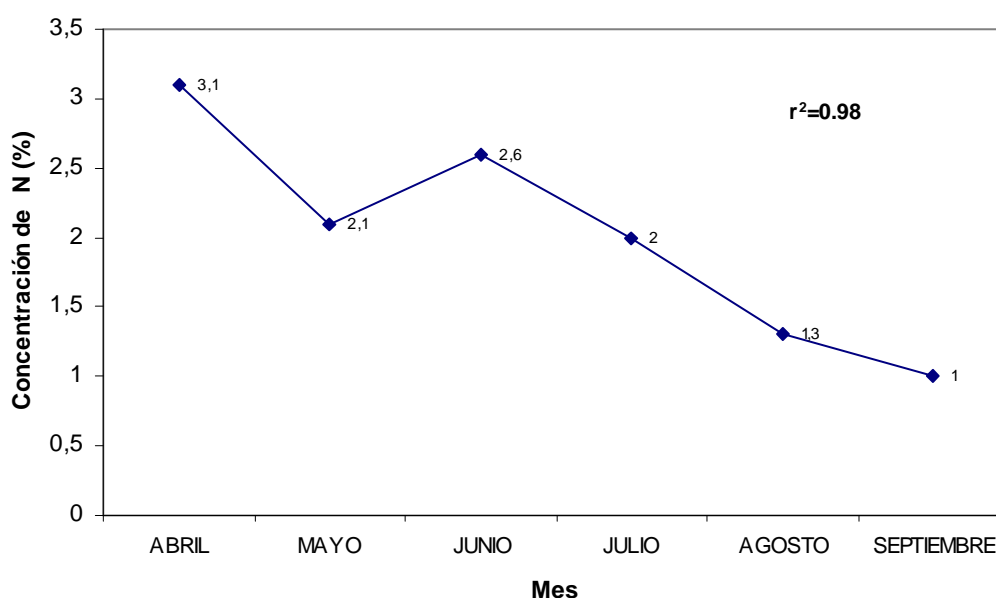


Figura 3. Dinámica nutrimental de N (%) en hojas de manzano en diferentes épocas de aplicación foliar.

CONCLUSIONES

El mayor rendimiento y calidad de fruto de manzano se obtiene cuando se aplica Urea foliar al 3% en el Verano y Otoño (Junio-Septiembre) y 2 aplicaciones en Poscosecha como complemento a la fertilización al suelo y que se realiza entre los meses de Abril y Mayo.

LITERATURA CITADA

- Fallahi E., Colt, W.M., Seyeobagherni, M.M. 1998.** Influence of foliar application of nitrogen on tree growth, precocity fruit quality and leaf mineral nutrients in young "Fuji" apple three rootstocks. *Journal of Tree fruit production*. 2: (1)11-12.
- Faust, M.; Shear, C. 1972.** Russeting of apples an interpretative review, *HortScience*, 7: 233-235.
- Frith, G.J.T. 1976.** Effect of ammonium nutrition on the activity of nitrate reductase in the roots of apple seedlings. *Plants & Cell Physiol*. 13:1085-1090.
- Grasmanis, V.D. ; Nicholas, D.J.D. 1971.** Annual uptake and distribution of ¹⁵N labeled ammonium and nitrate in young Jonathan/ MM104 apple trees grown in solution cultures. *Plant & Soil*. 35:95-112.
- Gu, m.; Shu, h.r.; and H. Zhou. 1985.** Nitrogen nutrition studies in apple trees. III. Absorption and translocation model of ¹⁵N at foliage supplies. *Acta. Horticulturae. Sinica*. 12: 89-94.
- Hill-Cottingham, D.G.,; Cooper, D.R. 1970.** Effect of time of application of fertilizer nitrogen on the distribution and identify of the nitrogenous constituents of young apple trees. *J. Sci. Food. Agr*. 21:172-177.
- Hennerty.; M.J.; Morgan, M.A. 1977.** Nitrogen changes in apples leaf tissue, *J. Agr. Res*. 16: 111-114.

- Jager, A.D.; Awad, M.; Westing, L.V. 1997.** Research on colour and health substances in apples. the best of the apple is offer thrown. *Frutteit*. Den Haag. 87(27): 14-15.
- Khemyra, H.; Righetti, T.L.; Azarenko, A.N. 1998.** Nitrogen partitioning in apple as affected by training and tree growth habit. *Journal of Horticulture, Science and Biotechnology*. 73(2) : 217-223.
- O'Kennedy, B.T.; Hennerty; M.J.; Titus, J.S. 1975.** The effects of autumn foliar urea sprays on storage forms of nitrogen extracted from bark and wood of apple shoots *J. Hort. Sci.* 50: 331-338.
- Raese, J.T.; Drake. S.R.1998.** Nitrogen fertilization and element composition affect fruit quality of (Fuji) Apple. *Journal of Plant Nutrition*. 20 (12):1797-1809.
- Razeto, M.B. ; Fichet. L.T. ; Barriga. T.J.; Rojas, Z.S.. 1996.** Effect of nitrogen application date foliar nitrogen content and fruit yield apple trees. *Agricultura Técnica, Santiago*. , 56 (2): 82-88.
- Shim, K.K.; Titus,J.S. ; Spittspoesser. 1983.** The fate of carbon and nitrogen from urea applicad to foliage of senescing apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98: 360-366.

Titus, J.S. 1981. Nitrogen recycling in the apple J. Korean Soc. Hort. Sci. 22 (5):
11-18

Tromp, J.; Ovva, J.C. 1976. Effect of time of nitrogen application on amino
nitrogen composition of roots and xylem sap of apple. Psyol. Plant. 37:
29-34.