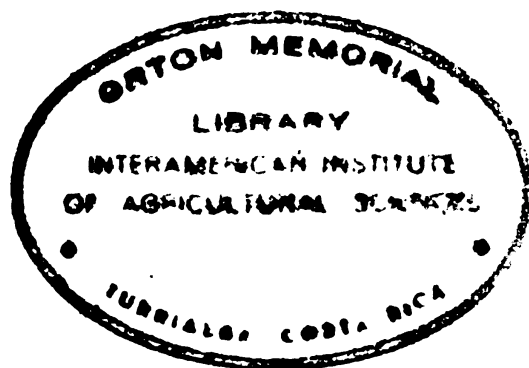


ASPERSION FOLIAR DE UREA EN PLANTAS JOVENES DE CACAO

Por

Armando Pena da Silva Cardoso



Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

Turrialba, Costa Rica

ASPERSION FOLIAR DE UREA EN PLANTAS JOVENES DE CACAO

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados
como requisito parcial para optar al grado

de

Magister Agriculturae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

APROBADO:

Ludwig Heuvel

Consejero

F. Hardy

Comité

J. J. J. J.

Comité

Comité

Setiembre, 1960

A MI HIJITA ANA MARIA

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar el presente trabajo deseo manifestar mi reconocimiento a todos los que de alguna forma lo han apoyado.

Al Dr. Gordon Havord, a quien le debo merecida estima por su sabia orientación.

A los restantes miembros de mi Comité Consejero, Prof. Frederick Hardy, Dr. Ludwig Müller e Ing. Agr. Marcial Machicado Pabón, que me han brindado pruebas de amistad y confianza que difícilmente podré agradecer.

Al Dr. Jorge León, de quien he recibido tantas enseñanzas y atenciones y la amabilidad de hacer la corrección final de mi supuesto castellano.

Al Ing. Agr. Hélder Lains e Silva porque fue en su mente que nació la idea y a su entusiasmo en llevarla a cabo, que principalmente se debe la concesión generosa que se me ha otorgado.

A la Junta de Investigações do Ultramar y Junta de Exportação do Café en las personas del Prof. Dr. Carrington da Costa y Dr. Fernando Carlos Pereira Bastos por haberme brindado la oportunidad de realizar estudios postgraduados.

Al personal de la Biblioteca en la persona de la señora Ghislaine de Montoya por la ayuda en la revisión de la literatura citada.

A la señorita Vera Jiménez en especial por su paciencia en la interpretación del manuscrito de la tesis y a los señores José Joaquín Salazar y Jairo Salazar por la útil colaboración prestada en el análisis químico.

BIOGRAFIA

El autor nació en el pueblo de Porto da Lage, Portugal, el 26 de febrero de 1932. Hizo sus estudios primarios en Porto da Lage y los secundarios en el Colegio Nun' Alvares de Tomar.

En 1949 ingresó al Instituto Superior de Agronomía en Lisboa, de donde egresó el año 1955. Hasta 1957 prestó servicio militar como Oficial Miliciano en la ciudad de Abrantes.

En el año 1958 se graduó de Ingeniero Agrónomo, ingresando el mismo año al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas para realizar estudios post-graduados mediante una beca concedida por la "Junta de Investigações do Ultramar" del Ministério do Ultramar de Portugal y en misión eventual de servicio de la "Junta de Exportação do Café" del mismo Ministério, egresando en marzo de 1960.

TABLA DE CONTENIDO

| | <u>Página N°</u> |
|---|------------------|
| INTRODUCCION | 1 |
| REVISION DE LITERATURA | 4 |
| A. NUTRICION MINERAL POR ASPERSION FOLIAR | 4 |
| 1. Valor de la aspersión foliar como medio de fertilización de las plantas | 4 |
| 2. Factores condicionantes en la absorción y uso de los nutrientes aplicados en aspersión foliar | 9 |
| 3. Condiciones determinantes de la utilidad práctica de la fertilización por aspersión foliar | 21 |
| B. REVISION HISTORICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACION EN NUTRICION DE CACAO (con especial énfasis para la fertilización nitrogenada) | 22 |
| 1. Estudios sobre aplicación al medio radical | 22 |
| 2. Estudios sobre aplicación foliar | 25 |
| MATERIALES Y METODOS | 29 |
| A. MATERIALES | 31 |
| B. METODOS | 33 |
| 1. Preparación de la arena | 33 |
| 2. Drenaje de la arena | 34 |
| 3. Obtención y preparación del material vegetal | 35 |
| 4. Tratamientos | 35 |
| 5. Plano experimental | 39 |
| 6. Datos tomados al inicio de los experimentos | 39 |
| 7. Datos tomados en el transcurso de los experimentos ... | 39 |
| 8. Datos tomados al final de los experimentos | 40 |
| 9. Métodos usados en la obtención de los datos | 40 |

| | <u>Página</u> ^{Nº} |
|---|-----------------------------|
| RESULTADOS | 43 |
| A. SINTOMAS VISUALES DE DEFICIENCIA O TOXICIDAD | 43 |
| B. DATOS DE CRECIMIENTO | 46 |
| C. DATOS DE MATERIA SECA | 54 |
| D. DATOS DEL ANALISIS QUIMICO | 63 |
| α - Incremento del contenido total | 63 |
| β - Porcentaje en la materia seca | 70 |
| DISCUSION Y CONCLUSIONES | 78 |
| RESUMEN | 85 |
| RESUMO | 87 |
| SUMMARY | 89 |
| LITERATURA CITADA | 91 |

INTRODUCCION

La prueba final de la utilidad de las conclusiones prácticas obtenidas en ensayos con plantas sometidas a condiciones ambientales artificialmente controladas, es su confirmación en los experimentos de campo. Estos últimos, sin embargo, necesitan de los primeros como base para su buen planeamiento, perfeccionamiento metodológico y mejor interpretación de los resultados obtenidos.

En un número considerable de plantas de los climas templados, los estudios sobre nutrición son ya relativamente completos. No se puede decir lo mismo de los cultivos tropicales, especialmente del cacao, aunque desde hace pocos años ha tomado cierto incremento la investigación de sus problemas de nutrición.

Como se considera que es una especie natural del sub-bosque, no se ha creído aconsejable su cultivo sin sombreado. Esta circunstancia limita la producción pero al mismo tiempo garantiza el mantenimiento del nivel de fertilidad del suelo y ha conducido a que los resultados obtenidos con el uso de fertilizantes no hayan sido muy prometedores.

Los primeros trabajos en nutrición de cacao tuvieron por fin resolver situaciones locales a la mayor brevedad, y por eso las conclusiones de esta serie de estudios aun cuando son interesantes, no han permitido una mayor generalización.

El reconocimiento de la necesidad de establecer e interpretar los experimentos con bases científicas, llevó lógicamente a la realización de investigaciones básicas, utilizando condiciones controladas artificialmente. Estas han permitido no sólo perfeccionar el diseño y metodología de los experimentos de campo, sino también una mejor interpretación de los resultados.

El trabajo experimental en fertilización de cacao en Trinidad, Ghana y Turrialba, ha demostrado que se pueden obtener considerables aumentos en la producción, especialmente con la aplicación de nitrógeno a plantas no

sombreadas. El sulfato de amonio y más recientemente la urea, han probado en experimentos de invernadero, que dan mejor resultado que el nitrato, cuando se aplican a las raíces.

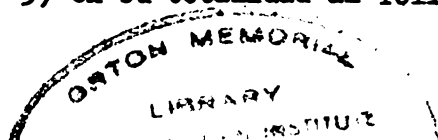
La carbamida o urea, producto obtenido por síntesis, que contiene alrededor de 45% de nitrógeno en forma rápidamente asimilable por las plantas y transformable en amonio en el suelo, ofrece considerables ventajas donde escasean abonos nitrogenados y son altos los precios de transporte. Idéntica importancia puede tener en aspersión foliar en áreas de alta pluviosidad en que la aplicación de fertilizantes nitrogenados al suelo ha resultado de poca eficiencia debido a las pérdidas por lixiviación.

Por ser el cacao uno de los cultivos más importantes de esta zona climática parece ser de considerable importancia determinar hasta qué punto la aplicación de urea en aspersión puede completar sus requerimientos de nitrógeno.

Siendo todavía poco el trabajo comparativo que se ha efectuado sobre el uso de diferentes formas de fertilizantes y métodos de aplicación, una serie de experimentos de invernadero fueron planeados por el Centro Interamericano de Cacao para determinar la respuesta del cacao al nitrógeno, aplicado como urea, amonio o nitrato, tanto a las raíces como en aspersión al follaje.

El presente estudio fue diseñado para proveer información básica acerca de la aplicación de urea en aspersión.

Como factores que pueden influenciar la cantidad de nitrógeno absorbido por la planta se incluyeron la concentración de la solución de aspersión; composición química; frecuencia de aplicación, y período del día en que se aplica. Además de dichas variables experimentales, la urea fue aplicada: 1) en su cantidad total a las raíces; 2) una cuarta parte a las raíces y el resto en aspersión al follaje y 3) en su totalidad al follaje.



En las condiciones experimentales citadas se pretendió saber:

1. Si es posible completar las exigencias alimenticias absolutas de plantas jóvenes de cacao para el N con aplicaciones de urea únicamente en aspersión;
2. Si esto no es posible, determinar si la fertilización en esta forma puede complementar la aplicación a las raíces, y en qué proporciones;
3. Cómo afecta al crecimiento de la planta la concentración de la solución, intervalo y tiempo de aspersión;
4. Qué incrementos en la cantidad de N, P, K, Ca y Mg se verifican al final del período experimental, en las hojas, tallos y raíces, en cada tratamiento, y cuál es la concentración total de los mismos elementos en la materia seca de estos órganos;
5. En el caso de que se presentaren cómo varían los síntomas visuales de deficiencia y toxicidad.

Se espera que los resultados obtenidos sirvan no sólo como base en el planeamiento de experimentos futuros, sino también que puedan contribuir a una mejor interpretación del experimento de campo actualmente en progreso en La Lola sobre el uso de urea en aplicación al suelo y aplicación mixta al suelo y en aspersión a varios niveles.

La literatura en cacao sobre el tema de aspersión foliar de nutrientes, es todavía bastante escasa y los resultados de los pocos trabajos efectuados son a veces contradictorios.

Así, dadas las características del presente estudio, nos pareció que sería útil incluir en la revisión de literatura una primera parte en la cual se estudiara la aspersión foliar de nutrientes del modo más amplio posible, a fin de que pueda servir como base preliminar a trabajos posteriores.

REVISION DE LITERATURA

A. NUTRICION MINERAL POR ASPERSION FOLIAR

1. Valor de la aspersión foliar como medio de fertilización de las plantas

El siguiente párrafo contenido en la introducción de un artículo de Teubner y col. (1957) expresa la opinión de un grupo de investigadores a quien se debe un considerable número de interesantes trabajos en este campo: "There is probably no area in agricultural crop production of more current interest, and more contradictory data, claims and opinions, or where the farmer, in practice has moved so far ahead of the scientific investigator".

La absorción foliar de nutrientes minerales cuyo estudio científico y aplicabilidad práctica en fertilización ha despertado en las dos últimas décadas el mayor interés, fue ya tratada en artículos de Gris (1844), Mayer (1874) y Böhm (1877) (citados por Wittwer y Teubner (128)) y referida también por Miller (1754), Forsyth (1802) y Downing (1869) (citados por Tukey (116)). Otro informe referente a la aplicación de fertilizantes en forma líquida en aspersión, publicado en mayo de 1890 en "American Agriculturist" en el cual se decía que era práctica seguida en Alemania en la fertilización de jardines y céspedes y en todos los cultivos aporcados es mencionado en una exposición hecha por Wittwer (127).

En las líneas siguientes tentaremos dar una breve reseña de la importancia actual del empleo de este modo de aplicación de nutrientes a las plantas:

Piña - Según Sanford y col. (1958) (citado por Wittwer y Teubner (128)) se aplica 75 a 80% del nitrógeno a los campos de este cultivo en Hawaii bajo forma de aspersión de urea y del mismo modo de 40 a 50% del fósforo y potasio. Ciertas plantaciones utilizan la urea como única fuente de nitrógeno.

Los mismos autores informan que la aspersión de nutrientes en la piña se desarrolló porque: 1) las aplicaciones foliares fueron tan efectivas como las aplicaciones al suelo; 2) las hojas de la planta podían tolerar altas concentraciones de nutrientes disueltos; y 3) había absoluta necesidad de aplicar regularmente elementos menores. En efecto después de los experimentos de campo de Johnson (62), la aspersión de sulfato ferroso se volvió práctica corriente en las plantaciones de piña establecidas en terrenos con elevado porcentaje de manganeso.

Caña de azúcar - Humbert y Hanson (1952) (citados por Boynton (11)) reportan que aspersiones con aeroplano, de soluciones concentradas de urea sobre campos "cerrados" de caña, resultaron en rápido incremento del contenido total de nitrógeno y clorofila en la hoja, habiéndose aplicado en una sola vez 67 libras de N por acre sin daño para las plantas. Burr y col. (18) informan que según los cálculos las necesidades del cultivo para el fósforo pueden ser totalmente satisfechas mediante aplicación foliar.

Algodón - Wittwer (127) afirma que tanto en los Estados Unidos como en Rusia ha sido empleado ácido fosfórico en aspersión experimental sobre cientos de acres de algodón con el fin de incrementar la formación de cápsulas.

Cafeto - En un artículo sin autor, publicado en "Indian Coffee" (119), se aconseja efectuar la aspersión de urea en solución al 1% ó 1 libra en 10 galones de agua o de caldo bordelés. Se indica la época en que debe aplicarse y se informa de los inconvenientes de la acción tóxica del biureto contenido en los productos granulados, y su agravamiento en presencia del caldo bordelés. En dos artículos de Malavolta y col. (73) y Malavolta y Coury (74) referentes a un mismo experimento efectuado en Brasil, los autores informan haber obtenido muy buena respuesta en plantas de 3 años deficientes en N pero con suficiente P y K, con 3 aspersiones a intervalos de 2 semanas con solución de urea al 2.5%.

Té - Venkataramani (121) ha obtenido resultados sorprendentes con aspersiones de cloruro de potasio en solución al 1%, en plantas de té débiles, en una región en la cual se sospechaba de su carencia en el suelo.

Frutales - Según Wittwer (127) miles de plantas en California y Florida son asperjadas con elementos menores; en la parte norte de los Estados Unidos, y ciertos países europeos, los manzanos son asperjados regularmente con sulfato de magnesio y urea. Se estimaba ya en 1945 (Woodhams (1947) citado por Tukey (116)) que en el sur de California habían 402.000 citrus recibiendo aspersion con sales de zinc, 35.000 con sales de cobre y 10.000 con sales de magnesio. Heymann - Herschberg (1951) (citado por Boynton (11)) afirma haber logrado recomposición satisfactoria en naranjos, en Palestina, con 2 a 4 aspersiones de sales Epsom a 4%, no siendo eficaz la aplicación del mismo producto al suelo; Embleton y Jones (33) reportan resultados positivos en naranjos Valencia con aspersion de nitrato de magnesio. En un experimento llevado a cabo en East Malling con la duración de 5 años, Greenham y White (44) lograron control de deficiencia de magnesio y aumento considerable de la cosecha en manzanos con 5 aspersiones anuales a intervalos de 14 días comenzando en la época de la caída de los pétalos, de sulfato de magnesio al 2%. Además observaron en un ensayo en pequeña escala que la aspersion a bajo volumen con este producto no fue tan eficiente como el alto volumen.

Scott y Scott (103, 104) verificaron por su lado que la deficiencia de magnesio en la vid se podía prevenir con 2 aplicaciones foliares de sulfato de magnesio, ó 2 libras del producto aplicado al suelo, dándose las respuestas respectivamente en 6 semanas y un año.

En contraste con la efectividad de la urea en manzanos cuando se usa en concentración adecuada, las aspersiones con nitrato de potasio, nitrato de sodio y sulfato de amonio han causado generalmente daños en el follaje no

pareciendo ser adecuadas (Hamilton y col. (47) y Fisher y col. (36, 37 y 38)).

La aplicación foliar de urea también parece no ofrecer buenas perspectivas en los frutales de drupa y en peras según Proebsting (97, 98) habiendo también datos inseguros en vid (Mack y Shaulis (71) y Flemming y Alderfer (40)).

Eggert y Kardos (32) y Fisher y Walker (39) demostraron que el fósforo es de fácil absorción por las hojas de manzano, y Proebsting (98) indica que los frutales requieren este elemento en proporciones de cerca de 1/10 del nitrógeno. Entre tanto, según el último autor, las experiencias con árboles frutales no han conducido a resultados muy animadores hasta la fecha.

Los datos en cuanto al potasio son bastante contradictorios. Así, Burrell y col. (19, 20) experimentando en manzano, indican perspectivas favorables en cuanto a la aspersion del follaje, mientras Proebsting (98) informa que el uso del potasio en aspersion no ha tenido éxito debido a las grandes cantidades requeridas y a los daños causados en las hojas cuando se aplica en soluciones menos diluidas. Tukey (116) y Tukey y col. (117) reportan que se pueden aplicar en aspersion durante el período de reposo soluciones de nitrato de potasio al 32% en manzano y cerezas, sin que se verifique daño; Harley col. (51) afirman que la absorción por corteza de manzanos referida por Tukey sólo se da cuando se verifican rupturas longitudinales, rupturas transversales en las cicatrices foliares, y rupturas de las lenticelas resultantes del crecimiento, debiendo las aplicaciones ser hechas lo más cerca posible de la nueva brotación para evitar lavado antes de la absorción. Estos autores consideran que el método ofrece probablemente apenas un interés académico en cuanto a los macroelementos, admitiendo ser practicable en el caso de deficiencia de microelementos, como el zinc.

Los experimentos de Guest y Chapman (45) sobre aplicación foliar de hierro en naranjos, toronjas y limones, indican que no se ha llegado a solución satisfactoria del problema. En plantas decíduas fue observada su absorción por

la corteza, (Lecrenier (1956) citado por Wittwer y Teubner (128)), pero no se sabe hasta qué punto podrá contribuir ésta a la solución aceptable del déficit.

En cuanto al zinc los trabajos de Parker (91, 92 y 93) probaron que la aspersión foliar daba solución satisfactoria en citrus y Cook (25) informa que hay aumentos significativos en la producción en vides como resultado de aplicaciones de quelatos o formas inorgánicas de zinc.

Las deficiencias de cobre y manganeso pueden ser eficientemente controladas en varios frutales según se ha demostrado en los trabajos de Dickey y col. (30), Fudge (42, 43), Camp y Fudge (24), Parker y Southwick (94) y Woodbridge y Mc Larty (130).

Se pueden corregir las deficiencias de boro y molibdénio, con aspersión foliar según comprobaron Askew y Chittenden (4) en manzanos, y Stewart y Leonard (110) en citrus. El método debe seguirse con las necesarias precauciones cuando se pretende una respuesta rápida, siguiéndose después el tratamiento al suelo.

Cultivos herbáceos - Silberstein y Wittwer (106) informan haber obtenido en tomate, una utilización mucho más eficiente del fósforo con la aplicación foliar que con la aplicación al suelo, y que hasta 7% de los requisitos de los frutos en desarrollo ha sido suplido con una simple aspersión; Tukey (116) indica 40% con 4 aspersiones.

Wittwer y col. (129) trabajando en tomate y frijol, afirman que la eficiencia de la utilización, medida por el porcentaje de fósforo aplicado encontrada en los frutos, fue 20 veces superior para la aspersión foliar en relación con la aplicación al suelo.

Wittwer (127) dice que miles de acres de apio en los estados de Michigan, New York y Florida son asperjados anualmente con pulverización de compuestos de calcio y magnesio, con el fin de corregir desórdenes nutricionales que no

lo son fácilmente con aplicaciones radicales aun si se utilizan cantidades muy grandes.

Finalmente Wittwer y Teubner (128) citan unas 15 publicaciones técnicas y prácticas de la más diversa procedencia geográfica en que se reportan resultados beneficiosos de las aspersiones de nutrientes cuando aplicadas en fases avanzadas del desarrollo de los cultivos.

2. Factores condicionantes en la absorción y uso de los nutrientes aplicados en aspersión foliar

a. Angulo de contacto del líquido con la superficie - mojabilidad

Para que se verifique la entrada de un líquido por las aberturas estomáticas o por la cutícula, la superficie de la hoja debe estar húmeda. Por otro lado se sabe que la aptitud de un líquido para mojar una superficie sólida es función de su ángulo de contacto en la misma, el que depende de dos factores: tensión superficial del líquido y naturaleza de la superficie a mojar.

Relativamente al segundo factor Fogg (1948) (citado por van Overbeek (120)) ha encontrado grandes diferencias en cuanto a los ángulos de contacto del agua en hojas de distintas especies, diferencias debidas a la naturaleza de los grupos químicos superficiales, grado de aspereza de la superficie y presencia o ausencia de capa de aire bajo la gota aplicada.

En un estudio de Lewis (1949) (citado por Boynton (11)) el autor comprobó que el agua no penetró en la hoja a menos que se le añadiera un poco de taurocolato de sodio recorriendo entonces una distancia de 0.5 cm. en los espacios intercelulares en 5 minutos, la cual fue idéntica a la de parafina líquida.

Guest y Chapman (45) y Cook y Boynton (26) reportan ventaja en la absorción de sulfato ferroso y urea, resultante de adición de ciertos mojantes a la solución a asperjar.

Mientras tanto en un cierto número de trabajos posteriores se ha podido ver que no siempre se verifica tal efecto (Barrier y Loomis (6), Swanson y Whitney (112), Koontz y Biddulph (64) y Teubner y col. (113)).

b. Puntos de penetración de los nutrientes en las hojas

Si bien se ha investigado mucho no se puede, hasta la fecha, considerar completamente definido el mecanismo de absorción foliar para los diferentes nutrientes.

En 1933 Crafts (27) afirmó que la absorción foliar de soluciones acuosas por los estomas era de poca importancia, basándose para ello en consideraciones de orden físico.

Turrel (118) estableció mientras tanto a partir de datos sobre el ángulo de contacto y capilaridad, que poca o ninguna entrada de agua de las lluvias podría ocurrir a través de los estomas en hojas de citrus, pero que de aspersiones de agua que contengan agentes humectantes sí se podría esperar penetración; van Overbeek (120) lo admite idénticamente.

Boynton (11) aparentemente con base sobre todo en los resultados obtenidos en manzano por Cook y Boynton (26), afirma que no obstante la opinión emitida por Crafts parece haber un creciente cuerpo de evidencia circunstancial, que indica que los estomas son frecuentemente el más importante de los puntos iniciales de entrada de los nutrientes en solución, si bien la penetración cuticular o por las células oclusivas cutinizadas pueda ser también importante después de un período más largo. En el trabajo citado se ha comparado la absorción por el envez con la absorción por el haz de las hojas y las conclusiones se basaron en el hecho de que los estomas se localizan solamente en el envez.

Skoss (108) ha sugerido igualmente que los estomas actúan como el principal punto de penetración independientemente de la naturaleza de la sustancia

asperjada. Dado que el cacao tiene los estomas apenas en la epidermis inferior de la hoja (Brooks (16)) los resultados de Cain (22) mostrando que la absorción de la urea fue mucho más rápida por ésta que por la superficie superior, confirmarían en cierto modo esta hipótesis.

La absorción cuticular de los nutrientes aplicados en aspersión foliar fue estudiada en manzanos por Roberts y col. (99) verificando estos autores que la cutina de la superficie externa de las hojas era formada por láminas discontinuas paralelas a la pared externa de las células epidérmicas, y que sustancias pécticas se localizaban en capas intermitentes en la misma pared e inter-dispersas con las lamelas de cutina, constituyendo un camino continuo desde la cutícula a través de las paredes anticlinales de las células epidérmicas, hasta las de las células de las extensiones de las venas y haces parenquimatosos que rodean los haces principales de las hojas. Por la existencia de esta estructura admitieron los autores que una de las formas de entrada de los nutrientes en las hojas de manzano sería la cuticular.

De modo idéntico, Orgell (90) ha sugerido que hendiduras e imperfecciones en la cutícula o una cutícula imbricada de pequeñas láminas cementadas entre sí con materiales pécticos, pueden conducir a una rápida penetración de las sustancias polares asperjadas en las hojas.

Al mecanismo de entrada de los nutrientes indicado en estos dos trabajos se puede atribuir la designación de "inter-cuticular", a la vez que las sustancias no penetran a través del material cutinoso propiamente dicho.

En un trabajo posterior el último autor (1957) (citado por Wittwer y Teubner (128)) presenta la cutícula como una membrana semilipoidal con propiedades de cambio de cationes describiendo sus características de absorción que son semejantes a las de una membrana anfótera selectivamente permeable.

La absorción de los nutrientes según este último mecanismo se puede designar "intra-cuticular", ya que se verificará por la propia cutina.

Las sugerencias de Skoss (108) y Boynton (11) en cuanto a la penetración por vía estomática ofrecen aparentemente susceptibilidad a crítica.

En efecto el primer investigador hizo sus experimentos "in vivo" con especies que presentan una cutícula espesa y cerosa y no parece aceptable la extensión absoluta de los resultados obtenidos a especies diferentes, que a veces muestran cutícula delgada y discontinua.

En relación al trabajo de Boynton, varios estudios posteriores (Gustafson (46), Stewart y Leonard (111), Teubner y col. (113), Wallihan y Heymann-Herschberg (125) y Volk y McAuliffe (123)) presentan datos contradictorios y además, según Scott (102) las paredes interiores de las células epidérmicas de la hoja bien como las de las células del mesófilo en las cavidades estomáticas, están cubiertas por una cutícula interna (suberina), por lo que la entrada por los estomas no dejará de ser acompañada por paso a través de una capa de cutina que forra los espacios de aire interiores de la hoja (van Overbeek (120)). Las diferencias encontradas por Cook y Boynton (26) y Cain (22) deben, en vista de lo expuesto, ser atribuidas más bien a diferencias de permeabilidad de dos cutículas desigualmente espesas y/o desigualmente continuas en su estructura. Sin duda, con mayor o menor discusión en cuanto a su validez, los mecanismos de penetración de nutrientes aplicados en aspersión foliar más generalmente conocidos son los anteriormente mencionados, pero se han mencionado aún la entrada por plasmodesmos epidérmicos (Lambertz (1954) citado por Teubner y col. (113) y van Overbeek (120)), por canales acuosos a través de la cutícula (Crafts (28)), y penetración por el tejido parenquimatoso de tipo especial que cubre las venas, cuyas paredes celulares son bastante delgadas (van Overbeek (120)).

c. Temperatura, humedad y luz

Cook y Boynton (26) encontraron correlaciones lineales negativas entre la temperatura del aire y la absorción de urea así como entre la humedad relativa y la misma absorción, indicando que cuando los dos factores se combinan de modo que disminuya la gradiente de la presión del vapor en la superficie de la hoja deberá esperarse mayor absorción. En cuanto al efecto de la luz informan que el hecho de colocar las plantas de manzano durante 1 a 6 días en ambiente oscuro no ha influenciado la velocidad de absorción de la urea por las hojas en un período de 5 horas después de la aspersión.

Volk y McAuliffe (123) trabajando en tabaco afirman que existe una dependencia evidente entre la absorción de urea, y la existencia de elevada humedad relativa. Comprobaron también que la absorción después de un período de 4 horas fue de 3 a 10 veces más grande en la noche que de día y 3 veces mejor en la mañana que en la tarde.

No son concluyentes los resultados referentes a los efectos de los tres factores considerados en cuanto a absorción del fósforo (Teubner y col. (113)); mientras tanto según estos autores es necesaria una fuente de energía para la absorción de este elemento.

Se ha comprobado que la hora del día en que se efectúa la aspersión de magnesio en hojas de manzano, es un factor importante en la absorción; pero no parece fácil decidir, si las aplicaciones por la tarde son más efectivas debido a la más elevada humedad relativa del aire en las horas siguientes, o si el mecanismo operativo es el indicado por la hipótesis de cambio de hidrogeniones, el cual se relaciona con una fluctuación diurna en el contenido de ácidos orgánicos (Oland y Opland (88)).

Relativamente al manganeso en un trabajo de Mederski y Hoff (77) se indica que una elevada humedad en la superficie foliar favorece su absorción, así como una temperatura relativamente alta.

d. Edad de las hojas y estado nutricional de la planta

Para la mayoría de los nutrientes se ha verificado que la absorción es mayor en las hojas jóvenes que en las viejas.

Así lo reportan, por ejemplo, para la urea los trabajos de Cook y Boynton en manzano (26) y Cain en banano, cafeto y cacao (22); para el fósforo, Fisher y Walker en manzano (39), Koontz y Biddulph en frijol (64), Mitsui en moreras (79), y Thorne en nabo y frijol (114); para el magnesio, Oland y Opland en manzano (88); para el potasio, Lafon y Conilland (1955) (citados por Wittwer y Teubner (128)); para el manganeso, Mederski y Hoff en soya (77), y para el zinc, Stewart y Leonard en citrus (111), y Wallihan y Heymann - Herschberg también en citrus (125).

Relativamente a la influencia del estado de nutrición de las plantas en la absorción y uso de los elementos asperjados en las hojas, Cook y Boynton (26) reportan ventaja de las plantas crecidas con abundancia de N, en relación a las deficientes, en cuanto a la absorción de urea, mientras Asen y Col. (3), Wittwer y col. (129) y Thorne (114) indican que un alto nivel nutricional y altos niveles de fósforo en el medio radical disminuye el transporte del fósforo absorbido por las hojas a otros órganos.

e. Composición química de la solución a asperjar

La absorción foliar de una especie vegetal varía en rapidez y eficiencia con los diferentes nutrientes aplicados.

Según Boynton y col. (12) el porcentaje de Mg en los tejidos foliares de manzano es inferior a 1/5 de N y mientras tanto de los trabajos de Hamilton y col. (47), Fisher y Cook (38) y Boynton y col. (13) se puede concluir que la cantidad de urea necesaria para mantener las plantas en buen estado vegetativo es menos que la de sulfato de magnesio, siendo la respuesta más rápida a la aplicación del primer compuesto.

La adición de ciertos compuestos a las fórmulas de aspersión de un determinado nutriente puede influir en la absorción del mismo.

La presencia de sales de Epsom así como cal en soluciones de elevada concentración de urea ha conferido "protección" contra los daños que provocaría este compuesto en hojas de tomate (Montelaro y col. (80, 81)), manzano (Fisher y Walker (39)) y vid (Mack y Shaulis (71)). Tales daños también son reducidos con sucrosa y otros azúcares así como ácido giberélico Emmert y Klinker en tomate (34), Kuykendall y Wallace en citrus (65), Cook y Boynton en manzano (26), Hilton y Shaw (59) y Shaw y Hilton (105) en tomate y Alvim en frijol (2).

La acción de estos compuestos se manifiesta por la reducción que provocan en la velocidad de absorción de la urea.

La adición de fructosa o glucosa puede ser esencial para que se verifique la absorción del fósforo en plantas con nivel bastante escaso de carbohidratos en virtud de la necesidad de existencia de una fuente de energía para que se verifique tal absorción (Barrier y Loomis (6) y Teubner y col. (113)).

La incorporación de cal a las soluciones de sulfato de zinc y de sulfato de cobre ha sido practicada respectivamente por Parker (91, 92 y 93) y Dickey y col. (30) con el fin de provocar la precipitación de estos compuestos en la superficie de las hojas y así asegurar una absorción lenta.

En cuanto a los efectos de humectantes en la absorción de una solución nutritiva por las hojas, éstos parecen depender de la especie vegetal considerada, la naturaleza química del compuesto y su concentración. Cook y Boynton (26) reportan incrementos de más del 100% en la absorción de urea por las hojas de manzano, en períodos de 4 horas, en resultado de la adición de Tween 80 al 0.1% o Tween 20 al 0.01%, dos detergentes orgánicos, mientras Wittwer y Teubner (128) indican que los datos existentes para la piña no fueron concluyentes. También con el fósforo los resultados son variables, verificándose con la misma planta respuestas variables con el detergente usado y en relación

al mismo con la concentración en que se aplica (Teubner y col. (113)). La absorción de sulfato ferroso parece ser aumentada con la adición de humectantes según verificaron Guest y Chapman (45) en citrus.

Otros factores que influyen en la velocidad de absorción de los nutrientes aplicados en aspersión foliar, son el pH de la solución a asperjar y el ion transportador. Trabajando en tabaco, Volk y McAuliffe (123) verificaron que la velocidad de absorción de la urea con "buffer" fosfato fue máxima a pH = 5 y 8 y mínima a pH = 6 y 9. Cook y Boynton (26) verificaron que la absorción foliar de urea en manzano fue máxima a pH = 5.4 - 6.6, tuvo valor intermedio a pH = 8.0 y marcada reducción a pH = 7.2.

En un cuadro presentado por Wittwer (127) se puede ver que con el cation NH_4^+ se obtuvo máxima absorción del fosfato a pH = 3, con el Na^+ idénticamente y con el K^+ tal se ha observado a pH = 2. La mayor absorción se observó con el fosfato de amonio.

Finalmente la presencia de reguladores de crecimiento en la solución es indicada por el mismo autor como una posibilidad en el sentido de aumentar la absorción de nutrientes asperjados al follaje, afirmando que la absorción del fosfato fue incrementada al incluir con él 2,4-D en la dosis de 10 ppm. en frijol y 100 ppm. en maíz.

f. Metabolismo y transporte de los nutrientes aplicados

Para que se verifique eficiente absorción y utilización de un nutriente aplicado en aspersión a las hojas es imprescindible que dicho nutriente sea prontamente incluido en el metabolismo y transportado a otras partes de la planta.

La movilidad limitada de los micro-elementos y de los cationes bivalentes conduce a que la rápida absorción foliar en las primeras horas sea retrasada más o menos abruptamente, debido a la acumulación de éstos en los tejidos de

la hoja (Biddulph (8) y Bukovac y Wittwer (17)). Estos autores indicaron que el calcio es transportado normalmente sólo en dirección acrópeta o polar.

Basados en el conocimiento de que ciertos compuestos químicos interfieren con el transporte de auxinas y como tal pueden afectar la dominancia apical y consecuentemente la polaridad, Kessler y Moscicki (63) afirmaron haber logrado transporte basípeta del calcio y hierro en tomate, melocotón y manzano, mediante la inclusión en la aspersion de ácido 2, 3, 5-tríodobenzoico o hidrazida maleica e idéntico resultado ha obtenido Samish (1954) al combinar la aspersion de hierro en vid con ácido naftaleno-acético.

Todavía en un trabajo bastante reciente de Biddulph y col. (9) utilizando frijol y aplicando calcio radiactivo, se demuestra que en realidad este elemento es movable en el floema en los dos sentidos, siendo entre tanto la cantidad transportada 100 veces inferior al fósforo. Los autores discuten la validez de la hipótesis de movimiento polar de este cation, indicando que tanto cationes como aniones se mueven en los dos sentidos en el floema; también niegan que se pueda inducir el calcio a moverse de la hoja por el floema en cantidades extraordinarias, pero sí han logrado movimiento por el xilema después de tratar la hoja con éter dietílico, y también con cloruro de sodio y ácido tríodobenzoico. Idénticamente Bar - Akiva y Hewitt (5) trabajando con Fe^{59} en limón verificaron que la adición de ácido tríodobenzoico no aumentó la movilidad de este elemento, aplicado en aspersion en 3 dosis distintas, o al medio radical. Mientras tanto observaron que la aspersion de urea al 2% antes del tratamiento con sulfato ferroso al 0.75% incrementó grandemente la respuesta de las hojas tratadas al hierro, admitiendo que tal se deba a aumento de la penetración del Fe y no de su movilidad. Concluyen por indicar que los resultados de Kessler y Moscicki no se han podido confirmar en limón.

Estudiando el metabolismo de la urea en hojas de manzano Boynton y col. (15) han encontrado que del nitrógeno absorbido, alcanzaban porcentajes

máximos dentro de cerca de 8 horas las fracciones urea, amonio, alfa-amino y amidas (exclusive urea) y en seguida decrecían, aumentando hasta los 4 días la forma proteínica a 35% del nitrógeno absorbido. De acuerdo a los cálculos 50% del nitrógeno absorbido había sido transportado de las hojas asperjadas a las más jóvenes cerca del punto vegetativo. La aspersión de urea al 3% ha inducido el apareamiento de puntos necróticos del tamaño de cabeza de alfiler a las 18 horas de la aplicación, siendo atribuida como causa no la acumulación de amonio en los tejidos pero sí de urea.

En un trabajo llevado a cabo por Hinsvark y col. (60) con urea portadora de C¹⁴ en frijol, tomate, pepino, maíz, apio y papas crecidas en un sistema cerrado, los autores han concluido que el mayor daño causado en el follaje se ligaba a una mayor actividad de la urease y consecuentemente acumulación de amonio en concentraciones tóxicas en las células absorbentes antes de su conversión en precursores de proteínas menos tóxicas. La hidrólisis de la urea por la urease se consideró por lo tanto como el factor limitante de la absorción y utilización de la urea.

Mientras tanto Webster y col. (126) han concluido que la urea es más rápidamente absorbida que hidrolizada en hojas de frijol y Kuykendall y Wallace (66) trabajando con hojas separadas de citrus, han sugerido que la actividad de la urease es suficientemente grande para que la hidrólisis de la urea pueda en algún caso ser factor limitante en la asimilación del producto aplicado en aspersión foliar.

En relación con el mismo problema Freiberg y Payne (41) informan que si bien no han encontrado actividad de urease en la hoja del banano, 65% de la urea aplicada fue absorbida en 25 minutos, dándose su hidrólisis en los puntos vegetativos en crecimiento. Cain (22) reporta que en cacao generalmente encontró en las hojas cerca de 25% de la urea absorbida sin ser transformada al final de 24 horas, declinando a un 5% al final de 4 días, y no se comprobó la

acumulación de aminoácidos, mientras el banano y el cafeto mostraron casi ausencia de urea en cualquier momento y acumulación de aminoácidos. En las tres plantas el autor afirma que la urea fue largamente descompuesta o transformada en algunas fracciones de nitrógeno no amonio tan pronto fue absorbida. Los datos obtenidos por Malavolta y col. (73) en café confirman lo anteriormente indicado.

A la presencia de biureto en ciertas formulaciones de urea se atribuyen daños por fitotoxicidad cuyo mecanismo en las plantas no se conoce todavía (Sanford y col. (101), Machicado (69), Drosdoff y col. (31), Walker y Fisher (124) y Volk (122)).

Con relación al metabolismo y transporte del fósforo aplicado en aspersión foliar, el trabajo de Teubner y col. (113) en frijol lleva a concluir que inicialmente se forman grandes cantidades de compuestos resultantes del ligamiento del fósforo a hexosas en las hojas, y seguido a este período inicial de 20 a 30 minutos se realiza su transporte principalmente en forma inorgánica. Este transporte es considerado como un proceso activo, ocurriendo inicialmente en el floema (Biddulph (10), Barrier y Loomis (6) y Teubner y col. (113)), ya que requiere una fuente de energía (luz o azúcar). En consecuencia las bajas temperaturas retrasan su transporte (Teubner y col. (113)).

Para la urea el mecanismo primario de absorción debe ser probablemente difusión debido a su rápida absorción y transporte, y a la no dependencia aparente de cualquier fuente de energía para su entrada (Emmert y Klinker (34), Hilton y Shaw (59) y Shaw y Hilton (105)).

g. Pérdidas de nutrientes para la atmósfera y suelo

Estas pueden ser debidas a varias causas, a saber:

- (1) Que parte de la solución asperjada no alcance la superficie foliar.
- (2) Que parte de la solución caiga en gotas al suelo.
- (3) Que en ciertos casos hay volatilización de los nutrientes.
- (4) Lixiviación y lavado por la lluvia de los nutrientes absorbidos por las hojas.

Las pérdidas referidas en los puntos números 1 y 2, fueron indicadas para la urea y sulfato de magnesio como sigue:

Boynton (11), citando a von Oppenfeld (89), indica 50% de pérdida en manzanos asperjados con soluciones diluidas usando equipo fijo (para los dos compuestos).

Cook y Boynton (26) indican que una lluvia fuerte ocurriendo en las primeras 8 horas después de aplicación podrá lavar de 80 a 90% de la urea que haya quedado en la cara superior de las hojas y de 40 a 60% de la que haya quedado en la inferior.

Humbert y Hanson (1952) (citados por Boynton (11)) informan que en el caso de soluciones concentradas de urea aplicadas por avión en caña de azúcar, las pérdidas no excedieron el 25% y fueron normalmente menos que 10%.

En relación con la pérdida por volatilización, la cual se admitía podría verificarse por ejemplo como resultado de liberación de amonio proveniente de la actividad de la urease sobre la urea asperjada, se cuenta con la información siguiente: Harley y col. (1948) (citados por Boynton (11)) reportan en manzano y melocotón un máximo de 4%; Cook y Boynton (26) no han podido detectarla en manzanos.

En cuanto a la pérdida por lixiviación de nutrientes absorbidos, varios mecanismos pueden ser responsables por el hecho, tales como simple difusión, intercambio iónico con los H^+ y CO_3H^- del agua de las lluvias, y excreción

glandular.

Wittwer (127) informa sobre los montantes de tales pérdidas encontradas por varios investigadores. En Africa se observó que 5% del fósforo previamente absorbido por las raíces de tomate fue subsecuentemente lavado de las hojas en media hora de lluvia y en papas y maíz de 2 a 3%. En Michigan, Long y col. (67) registraron para rosas un 13% en 48 horas. En cuanto al potasio las pérdidas varían de 5 a 71% dependiendo de cómo la planta ha crecido, si en presencia de luz o en la penumbra y si hay alto o bajo contenido del elemento en la planta. Wittwer (127) indica haberse encontrado 71% de pérdida en frijol expuesto a 4 horas de lluvia en ambiente oscuro, teniendo las plantas alto contenido de potasio. Para el calcio menciona números de 4% en maíz y 18% en apio en un período de 2 a 24 horas.

Bhan y col. (7) reportan que en Musa cavendishii expuesta a lluvia artificial de 24 horas, se verificaron pérdidas de 8.0% del potasio originalmente contenido en las hojas y 14.6% del magnesio y en banano de Abisinia (Ensette sp.) de 4.5% para el potasio y 6.1% para el magnesio, lo que consideran importante. En hojas maduras de naranjo no verificaron lixiviación de cationes ni de fósforo.

3. Condiciones determinantes de la utilidad práctica de la fertilización por aspersión foliar

Según Boynton (11) la utilidad de la aplicación foliar de nutrientes depende de tres factores:

- a. Existencia de problemas especiales que no pueden ser resueltos tan satisfactoriamente ya por fertilización radical, ya por operaciones culturales.
- b. Respuestas satisfactorias de las plantas a la aspersión, lo que depende de la cantidad de nutriente requerida por la planta, eficiencia de la absorción y uso, y tolerancia de las hojas.

c. Materiales y métodos económicos de aplicación.

La lectura de los párrafos de la presente revisión de literatura podrá ilustrar, hasta dónde fue posible al autor, cada uno de estos puntos, por lo que se prescinde de una serie de citas que simplemente constituirían repetición.

B. REVISION HISTORICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACION EN NUTRICION DE CACAO
(con especial énfasis para la fertilización nitrogenada)

1. Estudios sobre aplicación al medio radical

La experimentación, usando métodos científicos modernos, sobre el uso de fertilizantes en cacao ha tenido su inicio en Trinidad, siendo el primer trabajo presentado por el Imperial College el de Pound y de Verteuil (96) describiendo un experimento en árboles sombreados de más o menos 30 años de edad.

En 1935 McDonald (76) presenta resultados de un experimento con árboles de 20 a 25 años con y sin sombra, siendo los tratamientos N, P y K en todas las combinaciones y simples, un tratamiento adicional NP₂K y un control. El autor concluye que el potasio simple o combinado dio los mejores resultados y las respuestas al nitrógeno y fósforo, diferentes bajo sombra o sin sombreadamiento, demuestran ser más favorable el N y menos el P en las plantas no sombreadas que en las que lo fueron.

En 1936 y 1937, Hardy (48, 49) presenta los resultados de los experimentos de fertilización en cacao del Imperial College, referentes al período de 1932-36 y para el año 1937, informando que las respuestas son de un modo general favorables con el K simple y a veces en combinación con el fósforo y nitrógeno, siendo este último elemento como regla ineficiente.

En un trabajo posterior, el mismo autor (50) hace una revisión general de los principales descubrimientos logrados, indicando que antes de 1930 se creía que los resultados benéficos obtenidos con la aplicación de estiércol en el

cacao eran debidos al N, pero que los experimentos siguientes a esta fecha comprobaron que ello se debía atribuir al K y ocasionalmente al P. Esto en referencia al cacao sombreado; sin sombra el N fue a veces benéfico.

Se siguió un período de relativamente poco progreso en este campo de investigación hasta el final de la segunda guerra mundial.

En el informe de la Investigación en Cacao en el período 1945-51, Havord (52), después de indicar que los trabajos realizados antes de la guerra habían sido demasiado heterogéneos y solamente respuestas muy grandes se podían tener por significantes, describe una serie de nuevos experimentos iniciados en 1949. Resultados preliminares son dados por Havord y col. (55, 56 y 57) y Maliphant (1958) (citado por Cunningham (29)) comprobándose por ellos que, en cuanto a la respuesta del cacao a fertilización nitrogenada, ésta es tanto menor (llegando a anularse) cuanto mayor es la densidad del sombreado, siendo considerable el efecto benéfico en cacao al sol o ligeramente sombreado.

A idéntica conclusión conducen los resultados de un experimento llevado a cabo para determinar los efectos de diferentes intensidades de luz en el primer crecimiento de estacas de cacao, con y sin fertilización con N, P y K simples y en todas las combinaciones posibles (Evans y Murray (35) y Murray (83, 84)).

Havord (54) informa de un experimento de invernadero en cacao hecho con el fin de comparar dos formas de aplicación de nitrógeno al medio radical. Los tratamientos siguientes fueron aplicados a estacas de cacao creciendo en arena y soluciones nutritivas: 1) N solamente como amonio; 2) 2/3 como amonio y 1/3 como nitrato; 3) 1/3 como amonio y 2/3 como nitrato; y 4) solamente como nitrato. Cada uno de los tratamientos fue aplicado a un pH = 4.5, 5.5, 6.5 y 7.5. A los 4 meses las plantas que recibieron N en forma totalmente de amonio eran significativamente mejores que las restantes, las peores

en el cual se pretende fundamentalmente probar la respuesta de cacao adulto a la aplicación de urea al suelo a diferentes niveles. Resultados preliminares con relación a los datos de análisis químico foliar de éste y otro experimento en que también se ha aplicado urea al suelo en comparación con super-fosfato y cloruro de potasio son presentados por Machicado y Havord (70) reconociendo los autores que la gran variación observada en árboles viejos y otras que se originan del propio muestreo foliar, dificultan bastante la formulación de cualquier conclusión.

2. Estudios sobre aplicación foliar

Uno de los primeros experimentos efectuados en cacao parece haber sido el de Jaramillo (61) diseñado con el fin de observar la influencia de la urea aplicada en aspersiones foliares en cacao y especialmente la posible reducción del marchitamiento prematuro de los frutos. Efectuó una sola aplicación y usó 2 concentraciones de 0.5% y 1.0%, comparando los datos con un testigo y un tratamiento con una fitohormona comercial. Afirma que la reducción en el marchitamiento relativamente al del testigo fue de 66.9% a 21.5-24.1% con la urea en ambas dosis y a 24.3% con la auxina, suponiendo que la urea actuó en dos modos: nutrió a la planta e incrementó la producción de auxinas.

Madero (72) ha observado por su lado el efecto de la aspersión de urea al 1.0% aisladamente o en combinación con glicero-fosfato de potasio sobre el crecimiento de plántulas de cacao crecidas en arena, concluyendo de los datos de peso seco de las plantas y del análisis foliar que la mezcla fue el mejor tratamiento. Hizo 2 aplicaciones, la primera a los 2 meses de iniciado el experimento y la segunda a los 4 meses.

Manjarrés (75) experimentó con el fin de observar el efecto de aspersiones de N, P, K sobre la frutificación del cacao, usando urea al 0.5% y 1.0%. Los resultados fueron favorables netamente al P, reportándose también en

ciertos casos un mayor porcentaje de frutos con la aplicación de urea.

Cabrera (21) trabajando con plantas clonales de 7 años de edad determinó el efecto sobre la caída de flores de aplicaciones simples y en todas las combinaciones posibles de 3 fungicidas, 3 fitohormonas y urea al 0.5%, concluyendo de sus resultados que la urea aplicada aisladamente no tuvo efecto sobre el coajamiento de las flores, siendo las mezclas ternarias compatibles y anulándose prácticamente el efecto nocivo de los fungicidas.

Mosquera (82) reporta en un experimento de aplicación en escala comercial, disminución del porcentaje de marchitamiento de frutos jóvenes como resultado de 2 aspersiones de un producto comercial conteniendo N, P y K en forma soluble. El autor afirma en la discusión de los resultados que "es un asunto bastante discutido que los análisis de variancia, etc., se puedan aplicar al cultivo de cacao, por lo menos cuando se trata de plantaciones no clonales, sujetas a una gran variabilidad entre los árboles" y que "una gran ventaja de la aspersión foliar de fertilizantes es su bajo costo ya que los gastos equivalen a la quinta o décima parte de los gastos necesarios para la aplicación al suelo, obteniéndose los mismos resultados."

Naundorf (85) presenta un resumen del trabajo realizado en Palmira, Colombia, el cual incluye los trabajos anteriormente citados concluidos hasta la fecha.

Miller (78) llevó a cabo un experimento con plántulas de 6 hojas a las cuales ha aplicado con un algodón agua en las 2 caras de la hoja a intervalos de 2 horas y por período de un día. Por los datos obtenidos el autor concluye que cada cm^2 de la superficie foliar puede absorber en un día 63 mg. de agua.

Aparentemente el estudio más reciente reportado en literatura efectuado en Colombia es el de Navarrete (86) en plantas clonales de 3 años y medio, con el fin de determinar el efecto en el marchitamiento de frutos jóvenes de aspersiones de azúcar, urea, mezclas de urea e insecticida, urea y fungicida, y combinación de estos 3 productos, utilizando urea al 0.5%.

En Turrialba, Alvim (1) en un experimento con el fin de determinar la respuesta de plántulas de cacao crecidas en arena y solución nutritiva a varias fuentes de nitrógeno aplicó urea en aspersión semanal al 1.0% con resultados que indicaron no ser posible suplir en esas condiciones todo el N que las plántulas necesitaron para su crecimiento normal y no verificarse aparentemente transporte de las hojas a las raíces.

Havord (53) informa que en "La Lola" se inició en 1953 un experimento en árboles de aproximadamente 40 años de edad en el cual se incluyó urea al 0.5% en el caldo bordelés regularmente aplicado a las plantas, no siendo sus resultados concluyentes y ello debe atribuirse a la falta de repetición y a la escasa cantidad aplicada. Otro experimento en progreso en la misma sección de la finca incluye aspersión de urea al 1.5% sola o en combinación con aplicaciones del mismo producto al suelo en 3 niveles. Algunos resultados preliminares del análisis foliar son presentados por Machicado y Havord (70) con la indicación del efecto benéfico en algunos casos en el resultado de la combinación mixta de aplicación.

En otro estudio también llevado a cabo en "La Lola" con árboles de 40 a 42 años de edad, sombreados, Siller (107) aplicó urea en aspersión foliar al 0.6% en combinación con caldo bordelés y además con sulfato de zinc, sin obtener resultado significativo en cuanto a la urea. El autor atribuye tal hecho a la escasa cantidad aplicada y al sombreamiento (posiblemente también se exigiría para significancia una respuesta muy grande dada la heterogenidad genética y quizás vegetativa del material empleado).

Con el fin de determinar la velocidad de absorción y algunos productos metabólicos primarios de la urea aplicada en las hojas del cafeto, cacao y bano, Cain (22) aplicó este producto con una micro-pipeta en la concentración de 3%, verificando que el cacao absorbió 80% del producto en 2 horas y virtualmente la totalidad en menos de 24 horas, con un transporte desde la hoja de

60 a 70% del N aplicado después de uno a dos días en las 3 plantas, siendo menor la cantidad en el cacao. Esta planta ha mostrado al final de 24 horas cerca de 25% de la urea absorbida en la hoja, bajando a 5% al final de 4 días. Apenas detectó amonio libre en cantidades mínimas en las hojas en las 3 especies.

En el Ecuador se reporta en un experimento con plantas de cacao de 8 años de edad incrementos notables en la producción resultantes de aspersion con avioneta de una mezcla de urea con insecticida y fungicida (Soria (109)). No se usó un diseño experimental definitivo por lo que los resultados difícilmente podrán ser aceptables.

Hasta lo que ha sido posible revisar en cuanto a la aspersion de nutrientes en cacao apenas se podría acrecentar el trabajo de Boynton y Erickson (14) en que estos autores aplicaron semanalmente por 5 veces soluciones al 2% de sales de Epsom en comparación con urea, fosfato de potasio y sulfato de manganeso, zinc y hierro en "seedlings" que se verificó presentaren deficiencia de magnesio.

Aunque existe una cantidad apreciable de literatura sobre la aplicación de nutrientes en forma de aspersion foliar en muchas plantas, se nota que no se ha hecho suficiente investigación con plantas tropicales en general y con cacao en particular para permitir un planteo racional para el uso en la práctica de aspersiones nutritivas.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en un invernadero construido con un material plástico translúcido de color verde (Resolite), en La Hulera, Turrialba, estando a una elevación de 610 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio anual de 22.7°C y una precipitación pluvial de 2.270 mm.

Se efectuaron dos experimentos: el primero tuvo inicio el 14 de mayo de 1959 y se recogieron las plantas el 6 de agosto (duración - 85 días); el segundo fue iniciado el 12 de octubre del mismo año y terminó el 27 de diciembre (duración - 77 días). En ambos experimentos las plantas habían sido sembradas mes y medio antes del inicio de los tratamientos.

Durante el Experimento I se registraron con un higrotermógrafo, colocado sobre una de las mesas centrales del invernadero, los datos de temperatura y humedad relativa con los cuales se obtuvieron los cuadros siguientes:

CUADRO N° 1

HUMEDADES RELATIVAS DIARIAS EN EL INTERIOR DEL INVERNADERO (%)

| Meses | Valores extremos absolutos* | Promedios de los valores extremos |
|-------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Mayo | 100 28 | 100 36 |
| Junio | 100 30 | 100 43 |
| Julio | 100 24 | 100 46 |

* Máximos, generalmente entre las 5 p.m. y las 6 a.m.

Mínimos, generalmente entre las 10 a.m. y las 12 m.

CUADRO N° 2

TEMPERATURAS DIARIAS (EN °C) EN EL INTERIOR DEL INVERNADERO

| Meses | Valores extremos absolutos* | Promedios de los valores extremos |
|-------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Mayo | 34.5 | 32.8 |
| | 16.1 | 19.3 |
| Junio | 35.0 | 31.8 |
| | 17.5 | 19.6 |
| Julio | 34.0 | 31.7 |
| | 18.0 | 19.7 |

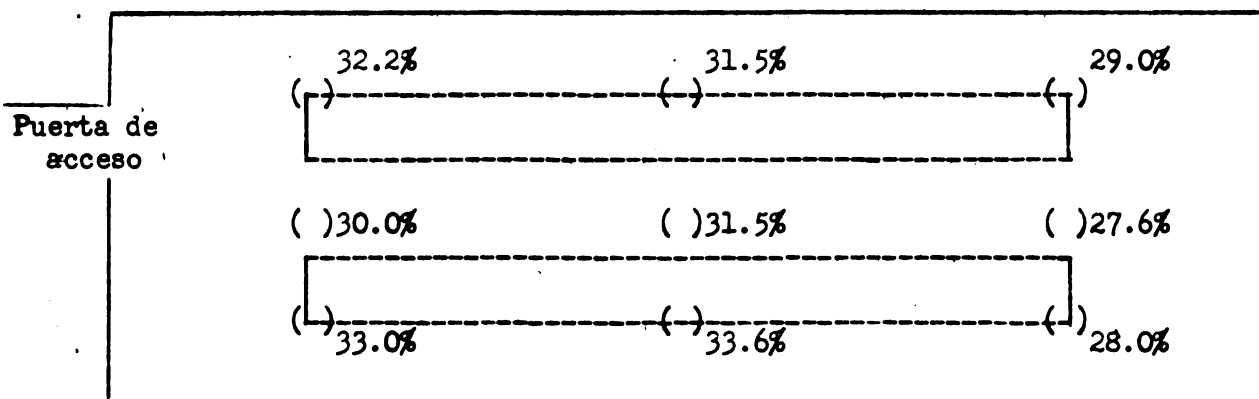
* Máximos, generalmente entre las 10 a.m. y las 12 m.

Mínimos, generalmente entre las 3 a.m. y las 5 a.m.

Se determinó también el porcentaje de luz en el interior del invernadero con un medidor Gossen, en la siguiente forma:

FIGURA N° 1

PORCENTAJE DE LUZ EN EL INTERIOR DEL INVERNADERO CON RELACION AL AMBIENTE EXTERIOR*



* La determinación se hizo en un día de sol brillante.

Las cifras obtenidas en el higrómetro confirmaron la indicación de Camacho (23) de que en días de sol brillante y sin viento la temperatura interior llega a ser 5.5°C más elevada que en el exterior y consecuentemente más baja la humedad relativa del aire.

Para el Experimento II, iniciado en octubre se ha resuelto quitar las paredes laterales sustituyendo el plástico por red de alambre de malla ancha para mejor ventilación.

A. MATERIALES

Se emplearon macetas de barro vidriado, las cuales hubo que pintar interiormente con pintura asfáltica con el fin de impermeabilizarlas. Estas macetas tenían un diámetro promedio de 20 cms y una profundidad de 22-24 cms, con un orificio lateral de más o menos 1 cm de diámetro junto a su base.

La arena utilizada fue obtenida por trituración de roca cuarzosa y en ella se sembraron semillas del clon UF 668.

En la preparación de las soluciones nutritivas tanto para la aplicación radical como para la aspersión de urea se utilizaron compuestos químicamente puros en la siguiente forma:

CUADRO N° 3

COMPOSICION DE LA SOLUCION NUTRITIVA RADICAL COMPLETA

| Compuestos utilizados | Concentración | Observaciones |
|---|-----------------|---------------------------|
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | .005 Molar* | Según Hewitt (58, p. 190) |
| $\text{PO}_4\text{H}_2\text{Na}\cdot\text{H}_2\text{O}$ | .001 " | Según WACRI (87, p. 21) |
| SO_4K_2 ** | .0005 " | Según Hewitt (58, p. 190) |
| $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ** | .002 " | Según Hewitt (58, p. 190) |
| $\text{SO}_4\text{Mg}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ** | .00075 " | Según Hewitt (58, p. 190) |
| $\text{Na}_2\text{FeC}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_8\text{N}_2$ (quelato) | .005 mili-Molar | Según WACRI (87, p. 21) |
| $\text{SO}_4\text{Mn}\cdot\text{H}_2\text{O}$ | .01 " | Según Hewitt (58, p. 190) |
| $\text{SO}_4\text{Cu}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | .001 " | Según Hewitt (58, p. 190) |
| $\text{SO}_4\text{Zn}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | .001 " | Según Hewitt (58, p. 190) |
| BO_3H_3 | .03 " | Según Hewitt (58, p. 190) |
| $\text{Mo}_7\text{O}_{24}(\text{NH}_4)_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ *** | .0002 " | Según Hewitt (58, p. 190) |

* Se utilizó en el presente estudio una solución radical deficiente en nitrógeno, la cual contuvo $\frac{1}{4}$ de esta concentración de urea.

** Según lo indicado por Hewitt (58, p. 189) en sustitución de los nitratos se emplearon sulfatos como fuentes de K, Ca y Mg. Se dosificó el SO_4^{--} , K^+ y Ca^{++} según Hewitt por verificarse que siguiendo lo indicado por WACRI (87, p. 21), la concentración del SO_4^{--} subiría a un valor exagerado (14 m.eq./l). Se siguió en este punto lo expuesto por Hewitt (58, p. 86).

*** Por no disponer de ácido molibdénico se empleó molibdato de amonio a la vez que la concentración de NH_4^+ resultante de la adición de este compuesto en la solución radical fue insignificante.

Para las aspersiones, en el primer experimento se prepararon soluciones al 1.5% y 3.0% de $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ en agua destilada y en el segundo, además de éstas, otras dos en las que se añadió el detergente no iónico Triton X 100 al 0.1% y una quinta solución conteniendo solamente este producto en la concentración referida.

El agua utilizada en la preparación de las soluciones radicales fue recogida por el propio techo del invernadero y conducida por una canoa de metal zincado cubierta interiormente con material plástico, a un depósito metálico de cerca de 300 l. de capacidad, cuyas paredes internas fueron cubiertas con pintura asfáltica.

Recipientes de vidrio pintados exteriormente con esta pintura con el fin de impedir el crecimiento de algas y con la capacidad de un galón, contenían la solución nutritiva a aplicar en cada maceta.

B. METODOS

*

1. Preparación de la arena

Es bien conocido que el cacao es altamente sensible a la aereación del medio radical y varios investigadores han encontrado dificultades en cultivarlo en arena por este motivo.

Con mucha frecuencia ocurre que una arena de granos pequeños de tamaño uniforme conduce a una mala aereación, y resulta con poca retención del agua, cuando los granos son grandes.

Con el fin de obviar estos inconvenientes el material fue primeramente colocado en porciones, sobre un cedazo de malla aproximadamente de 1 mm y agitado bajo un jarro de agua con el fin de que al mismo tiempo sufriera una primera lavada y perdiera una considerable cantidad de granos de tamaño inferior a 1 mm. De este modo se obtuvo una arena conteniendo algún material muy fino (diámetro menor de 1 mm) el cual aumentó su poder de retención para el

agua y una porción fundamental con granos de variados tamaños y formas (diámetro mayor de 1 mm) la cual permitió buen drenaje y aereación del sistema radical.

Esta arena fue en seguida puesta en macetas y en ellas se echó una solución al 20% de ácido clorhídrico comercial hasta cubrir la arena por completo. Al final de 20 minutos se consideró terminado el ataque y se drenó el ácido, puesto lo que se ha lavado repetidas veces el material con agua del tubo y por fin con agua de lluvia, colocándose definitivamente en las macetas en cantidad suficiente para llenar hasta alcanzar una altura de unos 2 cms inferior a la del envase.

2. Drenaje de la arena

Se utilizó el método ya empleado por Machicado (68) y Camacho (23), el cual consiste en un tubo de vidrio en forma de L adaptado al orificio lateral de la maceta por medio de un tapón de hule. En las mañanas se colocó el tubo hacia arriba, llenándose la maceta con la solución hasta el nivel superior de la arena e inmediatamente se la dejó bajar hasta que quedó a unos 5 cms de altura en el tubo. Eso se logró volviendo el brazo mayor hacia abajo, recogién-dose el líquido en la botella respectiva.

La arena se mantenía húmeda durante el día por este sistema debido a su poder de retención y a la subida del líquido por capilaridad. Al anochecer se llenaba de nuevo la maceta y se dejaba drenar en seguida completamente, permaneciendo el tubo con la rama mayor hacia abajo hasta el día siguiente.

Para evitar la entrada de granos de arena en el tubo del drenaje se colocó un poco de algodón de vidrio en la parte interior del orificio de la maceta antes de que se llenara ésta con la arena lográndose satisfactoriamente el fin deseado.

3. Obtención y preparación del material vegetal

De un pequeño número de árboles del clon UF 668 se cogieron mazorcas en buen estado de maduración. Estas se seleccionaron obteniéndose un grupo fenológicamente bastante homogéneo; se abrieron y se cogieron las semillas solamente de la parte central, eliminándose las de los extremos. Después de extraerles la testa se eliminaron aún algunas semillas de tamaño desigual en relación al conjunto, y se sembraron luego las restantes en las macetas con la arena ya preparada como se indicó anteriormente, regándose con agua de la lluvia, diariamente.

Al final de unos 35 días se hizo una nueva selección del material de acuerdo con su porte y aspecto vegetativo, trasplantándose de unas macetas a otras cuando fue necesario. Se esperó que pasaran 2 días para asegurarnos que las plantas trasplantadas estaban bien establecidas y entonces se eliminaron todos los cotiledones con auxilio de una cuchilla bien afilada.

Al día siguiente se cogieron 12 plantas, las cuales constituyeron la muestra representativa del conjunto inicial y se aplicaron por primera vez en todas las macetas las soluciones nutritivas. Una semana después se hizo la última eliminación en las plantas dejando 3 en cada maceta, en las cuales se tomó el porte parcial, asperjándose por primera vez.

4. Tratamientos

a. Experimento N° 1

Con base principalmente en los resultados de Alvim (1) y Cain (22) se probaron:

- (1) Dos concentraciones de urea en aspersión: al 1.5% y 3.0%.
- (2) Dos niveles de urea en la solución radical: cero y deficiente.
- (3) Dos horas de aspersión: 7 a.m. y 6 p.m.
- (4) Tres frecuencias de aspersión: 30, 10 y 4 veces por mes.

Se han incluido testigos que no recibieron aspersion:

- (5) Sin urea en la solución radical.
- (6) Con cantidad deficiente de urea en la solución radical.
- (7) Con cantidad suficiente de urea en la solución radical.

Esto resultó en las siguientes combinaciones de tratamientos:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. $r_0^a f_0 h_0$ | 15. $r_0^a 3.0^f 4^h 2$ |
| 2. $r_1^a f_0 h_0$ | 16. $r_1^a 1.5^f 30^h 1$ |
| 3. $r_2^a f_0 h_0$ | 17. $r_1^a 1.5^f 30^h 2$ |
| 4. $r_0^a 1.5^f 30^h 1$ | 18. $r_1^a 1.5^f 10^h 1$ |
| 5. $r_0^a 1.5^f 30^h 2$ | 19. $r_1^a 1.5^f 10^h 2$ |
| 6. $r_0^a 1.5^f 10^h 1$ | 20. $r_1^a 1.5^f 4^h 1$ |
| 7. $r_0^a 1.5^f 10^h 2$ | 21. $r_1^a 1.5^f 4^h 2$ |
| 8. $r_0^a 1.5^f 4^h 1$ | 22. $r_1^a 3.0^f 30^h 1$ |
| 9. $r_0^a 1.5^f 4^h 2$ | 23. $r_1^a 3.0^f 30^h 2$ |
| 10. $r_0^a 3.0^f 30^h 1$ | 24. $r_1^a 3.0^f 10^h 1$ |
| 11. $r_0^a 3.0^f 30^h 2$ | 25. $r_1^a 3.0^f 10^h 2$ |
| 12. $r_0^a 3.0^f 10^h 1$ | 26. $r_1^a 3.0^f 4^h 1$ |
| 13. $r_0^a 3.0^f 10^h 2$ | 27. $r_1^a 3.0^f 4^h 2$ |
| 14. $r_0^a 3.0^f 4^h 1$ | |

b. Experimento N° 2

Ya encontrado que la aspersion de urea en frecuencias elevadas, sobre todo al 3.0%, provocó necrosis seria, se pretendió alargar el intervalo de aspersion y al mismo tiempo probar si la inclusion de un detergente en la solución de aspersion aumentaba la absorción de urea y así el crecimiento de la planta.

Se decidió entonces experimentar:

- (1) Dos concentraciones de urea en aspersión: 1.5% y 3.0%.
- (2) Dos frecuencias de aspersión: 2 y 1 vez por mes.
- (3) Dos niveles de un detergente en la solución a asperjar: cero y 0.1%.

incluyéndose los testigos siguientes:

- (4) Con cantidad deficiente de urea en la solución radical (sin aspersión).
- (5) Con cantidad deficiente de urea en la solución radical (aspersión con detergente al 0.1%).
- (6) Con cantidad suficiente de urea en la solución radical (sin aspersión).

Las siguientes combinaciones de tratamientos resultaron de esto:

1. $r_0^a f_0^d$
2. $r_1^a f_2^d$
3. $r_2^a f_0^d$
4. $r_1^{a1.5} f_2^d$
5. $r_1^{a1.5} f_1^d$
6. $r_1^{a3.0} f_2^d$
7. $r_1^{a3.0} f_1^d$
8. $r_1^{a1.5} f_2^d$
9. $r_1^{a1.5} f_1^d$
10. $r_1^{a3.0} f_2^d$
11. $r_1^{a3.0} f_1^d$

Clave general

Se decidió usar la siguiente nomenclatura:

r_0 = ausencia de N en la solución radical;

r_1 = cantidad deficiente de N como urea en la solución radical;

r_2 = cantidad suficiente de N como urea en la solución radical.

a_0 = ausencia de urea en aspersión;

$a_{1.5}$ = aspersión con urea al 1.5%;

$a_{3.0}$ = aspersión con urea al 3.0%.

f_0 = ausencia de aspersión;

f_1 = aspersión cada mes;

f_2 = aspersión 2 veces al mes;

f_4 = aspersión 4 veces al mes (aproximadamente);

f_{10} = aspersión 10 veces al mes;

f_{30} = aspersión 30 veces al mes.

h_0 = ausencia de aspersión;

h_1 = aspersión a las 7:00 horas;

h_2 = aspersión a las 18:00 horas.

d_0 = ausencia de detergente en aspersión;

d_1 = inclusión de detergente al 0.1% en aspersión.

Las aspersiones se hicieron utilizando atomizadores pequeños de mano con depósito de vidrio, en el primer experimento en las horas indicadas, y en el segundo siempre en la mañana. Con el fin de evitar la aspersión en la arena, se colocaron para protegerla, en el momento de la aplicación, medios discos de cartón con ranuras debidamente colocadas por las cuales entraban los tallos de las plantas, permitiendo así la sobreposición de dichos cartones. Un dispositivo de madera de forma especial colocado de manera de incluir maceta y plantas a asperjar, permitió evitar la aspersión de otras plantas.

En cada día de aspersión se aplicó igual cantidad de solución en todos los grupos de plantas a tratar, aumentándose esta cantidad en determinadas fases del crecimiento en forma de lograr siempre que se mojara bien toda el área foliar. Igual volumen se aplicó en el haz que en el envés de las hojas y se

llevó registro en forma de poder saber en cualquier momento el total aplicado en cada grupo experimental hasta la fecha.

Las soluciones nutritivas radicales se prepararon al principio cada 15 días y después cada 10 y 8 días según el crecimiento de las plantas lo exigió, cuidándose de que nunca se dejara llegar el líquido a un volumen inferior de unos 50 - 75% del volumen inicial de 2 litros en cualquier tratamiento. Al verificarse tal cosa se cambiaba la solución en todas las botellas.

5. Plano experimental

Se experimentó con un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones de 3 plantas cada una.

6. Datos tomados al inicio de los experimentos (a los 35 días de la siembra)

- a. Peso seco de raíces, tallos y hojas de una muestra representativa de 12 plantas.
- b. Altura parcial de las plantas tomando como referencia una marca hecha con tinta china en un punto junto a la superficie de la arena.
- c. Análisis químico de raíces, tallos y hojas de la muestra representativa con referencia al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

7. Datos tomados en el transcurso de los experimentos

- a. Crecimiento parcial de altura de las plantas relativamente al principio, cada 15 días en el Experimento I y cada 30 días en el Experimento II.
- b. Síntomas de deficiencia(s) o toxicidad, cada semana en el Experimento I y cada 15 días en el Experimento II.

8. Datos tomados al final de los experimentos

- a. Crecimiento parcial de altura de las plantas.
- b. Síntomas de deficiencia(s) o toxicidad.
- c. Peso seco de raíces, tallos y hojas de cada grupo de 3 plantas constituyendo una repetición de un tratamiento.
- d. Análisis químico de raíces, tallos y hojas de cada grupo de 3 plantas constituyendo una repetición de un tratamiento para el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

9. Métodos usados en la obtención de los datos

El peso seco de las raíces, tallos y hojas se obtuvo en la siguiente forma: primeramente se cortaban por el hipopodio todas las hojas de cada grupo de 3 plantas, constituyendo una repetición de un tratamiento, colocándose en una bolsa de papel debidamente identificada; en seguida se lanzaban los 3 tallos y raíces con la arena de la maceta en una tina en la cual se mantenía un chorro continuo de agua del tubo, lavándose de este modo las raíces con casi ninguna pérdida de las extremidades muy tiernas. Finalmente se separaban los tallos de las raíces, guardándose en bolsas también marcadas.

Después de secar en un horno a 70°C durante 48 horas se pesaba en una balanza semi-automática el contenido de cada bolsa.

Los síntomas observados incluyeron, como se esperaba, clorosis y necrosis. Para darnos una idea cuantitativa de la extensión de estos síntomas en los diversos tratamientos, se establecieron dos sistemas de clasificación con base en la apreciación visual, uno para la necrosis y otro para las clorosis, en la siguiente forma:

Necrosis - Uno de los fines que se persiguió fue saber si la aplicación continua de una cierta dosis de urea en aspersión aumenta progresivamente los daños o si éstos son más que todo una reacción de choque con las primeras

aplicaciones. Si así fuera, los brotes nuevos que se formasen durante el experimento no serían prácticamente dañados.

La clasificación fue hecha no de acuerdo con el porcentaje del área foliar necrótica en cada planta, sino en cada maceta, como sigue:

- 0 = Ausencia de necrosis
- 1 = No más de 2 ó 3 manchas necróticas de tamaño reducido (hasta aproximadamente 1 cm)
- 2 = Pocas manchas necróticas de tamaño reducido pero más extensas que en (1)
- 3 = Necrosis bien aparente pero no alcanzando la extensión de (4)
- 4 = Manchas necróticas extensas y numerosas, alcanzando aproximadamente el 20% del área foliar total
- 5 = Manchas necróticas más extensas y numerosas que (4).

NOTA: Algunas plantas con síntomas (5) sufrieron daño letal.

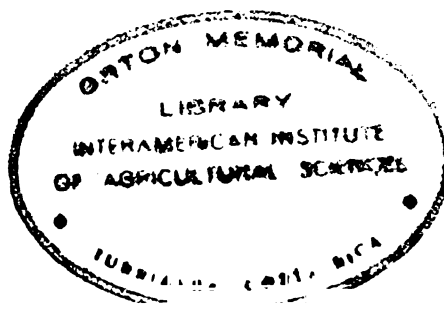
Clorosis - Se estableció una clasificación de 1 a 3 del modo siguiente:

- 1 = Clorosis apenas aparente
- 2 = Clorosis bien visible (si bien no impide cierto crecimiento de las plantas)
- 3 = Clorosis grave (crecimiento casi nulo).

El análisis químico se hizo siguiendo los métodos de uso corriente en la fecha en el Centro Interamericano del Cacao del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Las muestras secas en la forma indicada fueron molidas en un molino Wiley usando la malla 40; después de agitado durante 20 minutos mecánicamente para homogenización se cogieron dos alíquotas de 100 mg de cada muestra, determinándose el nitrógeno total por el método de micro-Kjeldahl; otra alíquota de 1 gramo fue digerida con mezcla de ácidos nítrico-perclórico, completándose el volumen con agua destilada hasta 50 ml, determinándose en

muestras de esta solución los restantes elementos. El fósforo en 1 ml de solución por el método de coloración con el molibdato de amonio y determinación en el colorímetro Coleman; el potasio en 1 ml de extracto con cloruro de litio y determinación con el fotómetro de llama Perkin Elmer; el calcio en 5 ml del extracto por precipitación con ácido oxálico y titulación con permanganato de potasio; y el magnesio en 0.5 ml del extracto por coloración con amarillo de tiazol y determinación en el colorímetro Coleman.



RESULTADOS

A. SINTOMAS VISUALES DE DEFICIENCIA O TOXICIDAD

A las 24 horas de iniciado el Experimento N^o 1 se observaron las plantas, verificándose que algunas de las que habían sido asperjadas con urea al 3% mostraban en los ápices de algunas hojas (no todas) una pequeña zona de un verde más oscuro, con aspecto untuoso. Esto se ha comprobado tanto en la aplicación de aspersión a las 7 horas como en la de las 18 horas. Al repetir estas observaciones a las 48 horas se notó que ya en algunas de las plantas tratadas con urea al 3% las zonas manchadas mostraban descoloración clara, siendo la necrosis bien visible a los 3 días.

En algunas de las plantas tratadas con urea al 1.5% al cabo de 48 horas se observaron, aunque en menor número de hojas y en áreas mucho más pequeñas, síntomas idénticos a los observados a las 24 horas en las plantas asperjadas con un 3%. A los 4 días también estas manchas se volvieron necróticas.

Además de esta necrosis apical otras áreas necróticas se han observado, por ejemplo, en el margen situado en posición más baja en algunas hojas y más raramente en algunas concavidades de un pequeño número de hojas rugosas.

A los 4 días se observó también que las hojas más jóvenes (de color verde claro) no aparecieron más afectadas que las ya endurecidas. A los 8 días se confirmó esta observación, lo mismo que a las 2 semanas.

En esta última fecha se observó que un cierto número de hojas al endurecerse aparecieron con las extremidades necróticas, lo que no había sucedido hasta entonces. Esto se pudo ver, por ejemplo, en una hoja con dos limbos juntos en la repetición 4 del tratamiento ($r_1 a_{1.5} f_{10} h_1$) y fue también observado en hojas tratadas con urea al 3%. En el transcurso de los experimentos se observó la evolución de la necrosis en las plantas, con relación a las diferentes dosis de urea aplicadas, hora de aplicación, frecuencia y presencia

o ausencia de detergente. Se constató que la hora de aplicación y presencia de detergente no influyeron visiblemente en ésta, pero sí, la dosis de urea y la frecuencia de aspersión. La necrosis fue siempre más grave en las aplicaciones de urea al 3.0% que al 1.5% para iguales frecuencias y se acentuó en la misma dosis con la frecuencia de aspersión. En plantas con aplicación diaria de urea al 3.0%, el daño se agravó sucesivamente hasta la letalidad, siendo de este modo posible seguir la progresión de la necrosis. Esta empezó siempre en el ápice de la hoja, avanzando progresivamente por los márgenes formando una "V", cuyos brazos se engrosaron poco a poco hasta no quedar sin necrosis en la hoja más que una estrecha faja, incluyendo la vena principal, con unos 2 a 3 cms de largo, contados de la base de la lámina.

Al progresar la necrosis en la zona comprendida por los brazos de la "V" se verificó la pérdida creciente de clorofila en el tejido todavía vivo, terminando por desaparecer por completo el color verde, así como en el peciolo. En este estado la hoja no tardó en caer.

La defoliación completa y necrosis de la zona terminal del tallo se logró observar antes de terminar el Experimento N° 1.

Las Fotos Nos. 1 a 4 ilustran lo expuesto anteriormente.

En el transcurso del experimento se notó en todos los tratamientos sin aspersión o con aspersión de urea al 1.5% en las frecuencias menores, una necrosis general, pero casi negligible (clasificada como 1 en los gráficos). Con mayor concentración y especialmente al combinarse esto con mayor frecuencia de aspersión se aumentó el grado de necrosis. El tratamiento testigo en que se aplicó el nitrógeno bajo la forma de urea solamente a las raíces y en la dosis de 0.30 g /litro de la solución nutritiva, lo que se creía conduciría a un crecimiento satisfactorio, mostró en 3 de las 4 repeticiones (en el Experimento N° 1) una clorosis intervenal de intensidad moderada en la segunda y tercera repetición y grave en la cuarta. Se atribuyó a deficiencia de hierro aunque



Nº 1. Plantas asperjadas con urea al 1.5% cada día (derecha) y cada 3 días (izquierda).

Nº 2. Plantas tratadas con urea al 3% cada 3 días.



Nº 3. Aspecto típico de necrosis en estado avanzado en plantas con aspersión diaria de urea al 3%.

Nº 4. Planta casi muerta con aspersión diaria de urea al 3%.

se verificó que esto no se debía a un pH elevado y no se encontró explicación aceptable de tal hecho. Se incrementó la dosis de quelato de hierro en la solución nutritiva, lo mismo que se hicieron dos aspersiones con una solución de este producto con una semana de intervalo, observándose que las plantas de las repeticiones segunda y tercera recuperaron su aspecto normal pero no las de la repetición cuarta.

En el Experimento N^o 2 se repitió el aparecimiento de esta clorosis siendo notorio que en ambos experimentos no ocurrió el fenómeno en las plantas con aspersión de urea.

Se hicieron observaciones cuantitativas de la necrosis y clorosis que se registraron en cuadros, según las clasificaciones presentadas en el capítulo anterior, cada semana en el primer experimento y cada 15 días en el segundo, hasta el final. Mientras tanto, con el fin de evitar cuanto fuera posible la repetición de datos, se decidió utilizar en este caso únicamente la representación gráfica.

Como no aparecieron diferencias en cuanto a la extensión de las manchas necróticas o intensidad de las clorosis atribuibles a los factores hora de aspersión o detergente, éstas no figuran en el gráfico como variables independientes.

B. DATOS DE CRECIMIENTO

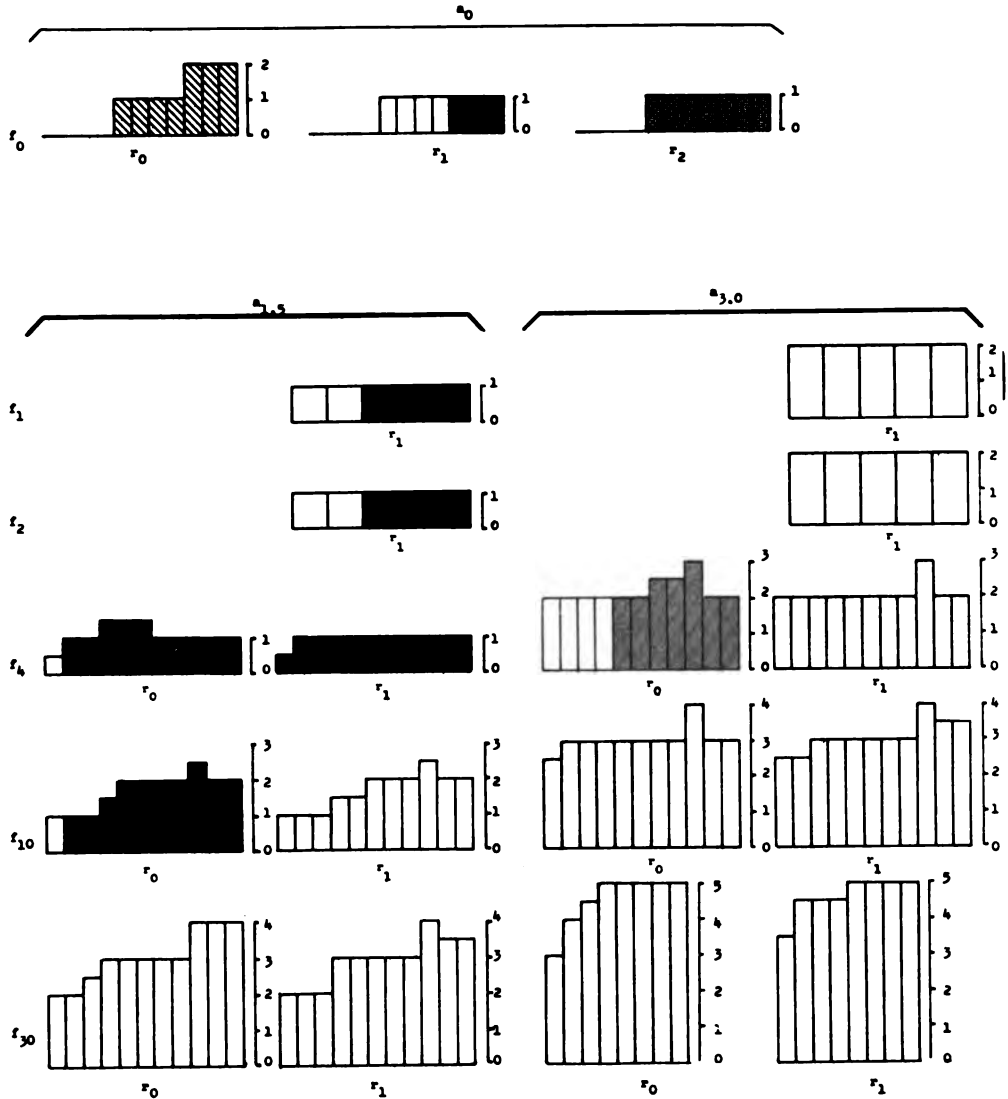
A partir de una marca con tinta china hecha cerca de la base se hicieron periódicamente mediciones del largo de los tallos.

En los Cuadros N^o 4 y N^o 6 se resumen los datos al final de los experimentos.



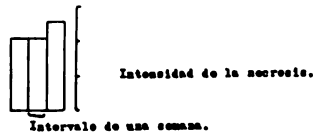
Gráficas No 1

VARIACION EN LA INTENSIDAD DE LA NECROSIS Y CLOROSIS



LEYENDA:

- a_0 = Ausencia de aspersión de urea.
- $a_{1.5}, a_{3.0}$ = Aspersión de urea al 1.5% y 3.0%.
- $f_0, f_1, f_2, f_4, f_{10}, f_{30}$ = Frecuencias de aspersión (número de aplicaciones al mes).
- r_0 = Ausencia de nitrógeno en el medio radical.
- r_1, r_2 = Cantidades, deficiente y suficiente de nitrógeno, con urea, en el medio radical.



- Ausencia de clorosis.
- Clorosis por deficiencia de nitrógeno, grado 1.
- Clorosis por deficiencia de nitrógeno, grado 2.
- Clorosis por deficiencia de nitrógeno, grado 3.
- Clorosis por deficiencia de hierro, grado 2.

Experimento N° 1

CUADRO N° 4

VARIACION DEL INCREMENTO PARCIAL DEL LARGO DE LOS TALLOS
CON LOS TRATAMIENTOS (mm/PLANTA)

Tratamientos sin aspersión de urea (a_0)

| Solución radical suficiente en N (r_2) | Solución radical sin N (r_0) | Solución radical deficiente en N (r_1) |
|---|-------------------------------------|---|
| 121 | 6 | 146 |

Tratamientos con aspersión de urea al 1.5% ($a_{1.5}$)

| Frecuencia y hora de aspersión | Solución radical sin N (r_0) | Solución radical deficiente en N (r_1) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| $f_{30}^{h_1}$ | 140 | 151 |
| $f_{30}^{h_2}$ | 114 | 163 |
| $f_{10}^{h_1}$ | 86 | 229 |
| $f_{10}^{h_2}$ | 107 | 215 |
| $f_4^{h_1}$ | 61 | 209 |
| $f_4^{h_2}$ | 62 | 177 |

Tratamientos con aspersión de urea al 3.0% ($a_{3.0}$)

| Frecuencia y hora de aspersión | Solución radical sin N (r_0) | Solución radical deficiente en N (r_1) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| $f_{30}^{h_1}$ | muertas | muertas |
| $f_{30}^{h_2}$ | muertas | muertas |
| $f_{10}^{h_1}$ | 130 | 157 |
| $f_{10}^{h_2}$ | 117 | 180 |
| $f_4^{h_1}$ | 100 | 204 |
| $f_4^{h_2}$ | 86 | 178 |

1. El análisis estadístico de los datos del Cuadro N° 4 llevado a cabo según el modelo de bloques al azar proporcionó los siguientes resultados:

| | | |
|--|------------------------|---------|
| Análisis de variancia: | P = .05 | P = .01 |
| F (tratamientos) = 9.4 ^{***} | F (22 y 66 g.l.) = 1.7 | 2.1 |
| Prueba de "t" para comparación mañana vs. noche: | | |
| t = 0.820 | t (66 g.l.) = 1.996 | 2.653 |
| Diferencias mínimas significativas entre tratamientos: | | |
| | D.M.S. = 51 mm | 68 mm |

2. Análisis del conjunto de tratamientos que llegaron al final del experimento distribuidos en un diseño factorial de bloques al azar.

Los cuatro tratamientos que incluían aspersión diaria de urea en la concentración de 3.0% se retiraron del experimento dos semanas antes de realizada la última medición de las plantas por verificarse hasta esa fecha efectos letales en varias plantas y en general intensa necrosis en el follaje y ápice del tallo (Foto N°4) con abundante o casi completa defoliación y crecimiento reducido. Si bien, hasta el final del experimento, no se ha observado cualquier efecto letal, la aspersión diaria de urea al 1.5% ha conducido a necrosis variando de fuerte a grave en las hojas y como consecuencia a la caída más o menos intensa de éstas.

Ya se refirió la clorosis intervenal en las plantas testigo; el crecimiento promedio de ellas fue sumamente afectado resultando inferior al del tratamiento en que se aplicó apenas $\frac{1}{4}$ de la cantidad de urea en las raíces.

Los testigos sin N y con $\frac{1}{4}$ de la cantidad considerada suficiente, aplicada solamente a las raíces se incluyeron con carácter demostrativo.

Se resolvió entonces considerar estos tratamientos en el análisis de bloques al azar y hacer el análisis de los restantes como un factorial de bloques al azar con 3 factores (r, f, a) y 2 niveles en cada uno.

Los tratamientos no incluidos en el factorial nos han suministrado

información valiosa con respecto a los efectos del aumento de frecuencia de las aplicaciones, en relación con la concentración de la solución asperjada.

El análisis de los restantes como factorial nos permite mayor cantidad de información que el análisis en bloques al azar.

Basados en el hecho de que entre tratamientos diferentes únicamente en cuanto a la hora de aspersión no se verificó en ningún caso diferencia que se aproxime a la diferencia mínima significativa al 5%, no se consideró el factor "hora de aplicación" en el factorial. El incremento promedio del largo de los tallos para cada tratamiento considerado en el factorial, es así el promedio de los incrementos promedios de las repeticiones o bloques de estos pares de tratamientos, o sea se considera cada tratamiento del factorial como teniendo 8 repeticiones, por resultar de 2 tratamientos juzgados idénticos con 4 repeticiones cada uno.

Los resultados del análisis estadístico tomando como testigo el tratamiento $r_{0^{a}1.5f_4}$ se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 5

EFFECTOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES SOBRE EL INCREMENTO
DEL LARGO DE LOS TALLOS/PLANTA ¹

| Designaciones | Efectos promedios generales en mm |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| R_1 | 100 ^{**} |
| F_{10} | 18 [*] |
| $R_1 \times F_{10}$ | - 15 |
| $A_{3.0}$ | 1 |
| $R_1 \times A_{3.0}$ | - 29 [*] |
| $A_{3.0} \times F_{10}$ | - 14 |
| $R_1 \times A_{3.0} \times F_{10}$ | - 12 |

| Designaciones | Efectos simples promedios en mm |
|--|---------------------------------|
| R ₁ (sin A _{3.0}) | 129 ^{**} |
| R ₁ (con A _{3.0}) | 72 ^{**} |
| A _{3.0} (sin R ₁) | 29 [*] |
| A _{3.0} (con R ₁) | - 28 [*] |

* Significancia al .05

** Significancia al .01

∟ En el cálculo de los efectos promedios generales, en todos los análisis estadísticos del presente estudio, llevados a cabo se gún el modelo factorial, se siguió el método descrito por Yates (131).

En los Cuadros N° 4 y N° 5 y Gráfico N° 2 se puede ver que prácticamente no hubo crecimiento en las plantas que no recibieron nitrógeno.

Cuando no fue aplicado nitrógeno en el medio radical, el incremento en la frecuencia de aspersión con urea al 1.5% fue acompañado de un aumento en el crecimiento, pero cuando se aplicó una cantidad deficiente de N a las raíces, el máximo crecimiento ocurrió con la frecuencia de aspersión de 10 veces al mes.

Aumentando la concentración de la solución de aspersión hasta 3.0% en ausencia de aplicación a las raíces o aplicando a las raíces en ausencia de aspersión, se incrementó el crecimiento, pero combinando los dos factores se redujo.

Experimento N° 2

CUADRO N° 6

VARIACION DEL INCREMENTO PARCIAL DEL LARGO DE LOS TALLOS CON
LOS TRATAMIENTOS (mm/PLANTA)

| Tratamientos sin aspersión de urea (a_0) | | |
|--|---|--|
| Sin aspersión con Triton (d_0) | Aspersión con Triton X 100 al 0.01% ($d_{0.1}$) | |
| Solución radical suficiente en N (r_2) | Solución radical deficiente en N (r_1) | Solución radical deficiente en N (r_1) |
| 129 | 171 | 172 |
| Tratamientos con aspersión de urea al 1.5% ($a_{1.5}$) | | |
| Frecuencia de la aspersión | Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) |
| | Solución radical deficiente en N (r_1) | Solución radical deficiente en N (r_1) |
| f_2 | 163 | 196 |
| f_1 | 166 | 194 |
| Tratamientos con aspersión de urea al 3.0% ($a_{3.0}$) | | |
| Frecuencia de la aspersión | Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) |
| | Solución radical deficiente en N (r_1) | Solución radical deficiente en N (r_1) |
| f_2 | 186 | 178 |
| f_1 | 168 | 179 |

1. El análisis estadístico de los datos del Cuadro N° 6, llevado a cabo según el modelo de bloques al azar, proporcionó los siguientes resultados:

Análisis de variancia:

$$F \quad (\text{tratamientos}) = 1.076$$

$$F_{.05} \quad (10 \text{ y } 30 \text{ g.l.}) = 2.16$$

2. Análisis del conjunto de tratamientos con aspersión de urea (factorial de bloques al azar).

Con el fin de tratar de obtener alguna información sobre la posible influencia de interacciones en los resultados observados, se resolvió hacer el análisis estadístico de los tratamientos que incluyeran aspersión de urea, como un factorial de bloques al azar con 3 factores (a, f, d) y 2 niveles en cada uno.

Los resultados del análisis estadístico, tomando como testigo el tratamiento $a_{1.5}f_{1d_0}$, se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 7

EFFECTOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES SOBRE EL INCREMENTO
DEL LARGO DE LOS TALLOS/PLANTA

| Designaciones | Efectos promedios generales en mm |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| $D_{0.1}$ | 16 |
| F_2 | 4 |
| $D_{0.1} \times F_2$ | - 3 |
| $A_{3.0}$ | - 2 |
| $D_{0.1} \times A_{3.0}$ | -14 |
| $A_{3.0} \times F_2$ | 5 |
| $D_{0.1} \times A_{3.0} \times F_2$ | 6 |

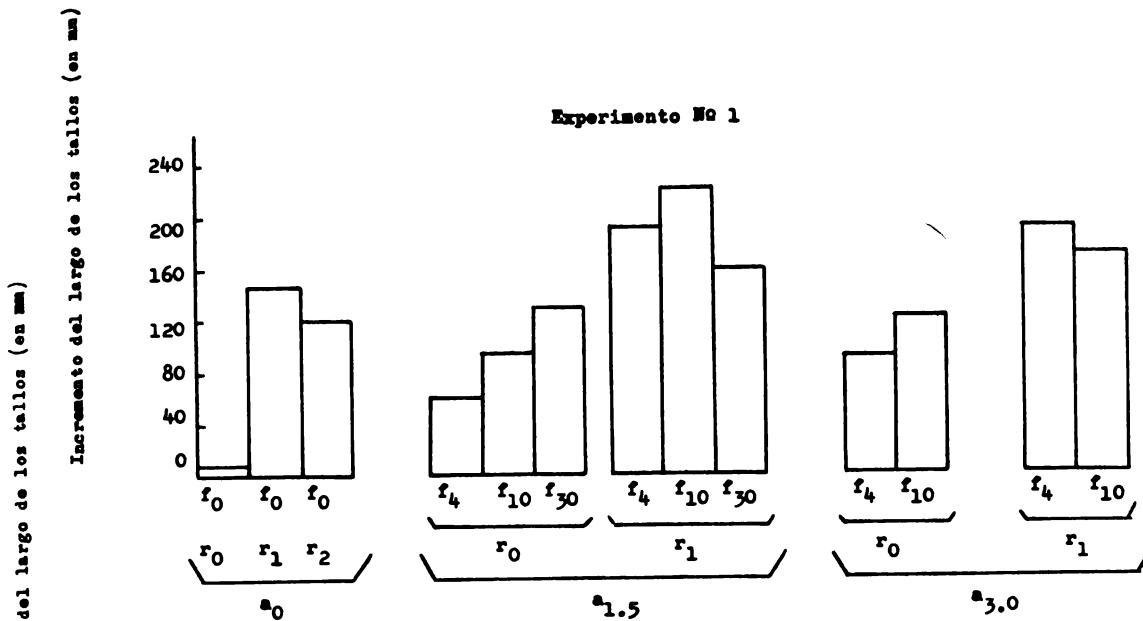
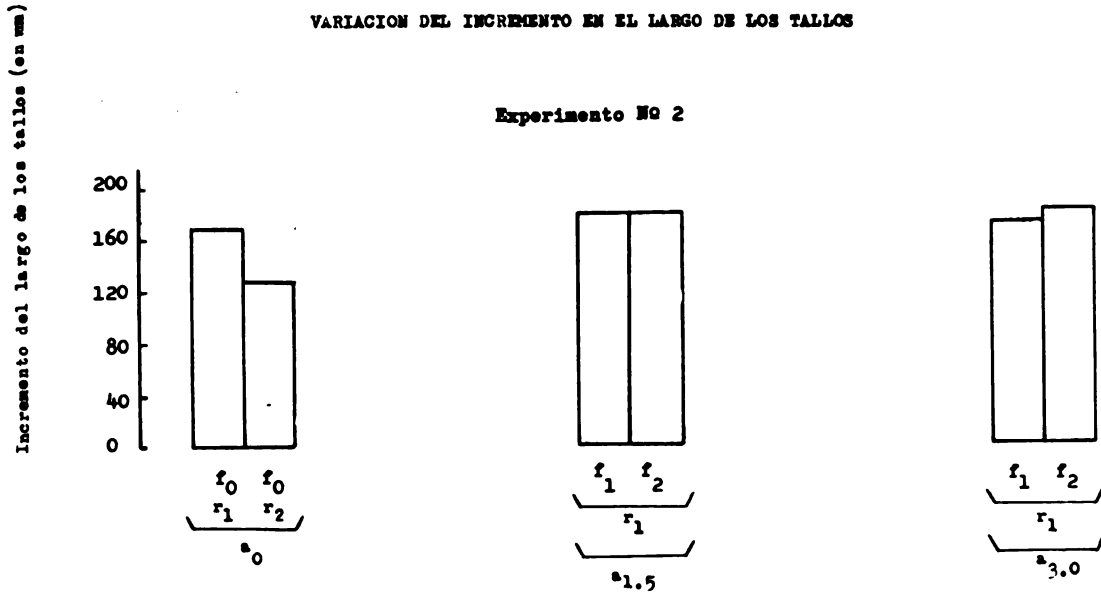
Con base en los datos experimentales y en la información de los análisis estadísticos se hizo el Gráfico N° 2.

Los Cuadros N° 6 y N° 7 y Gráfico N° 2 nos muestran que ninguno de los factores tuvo efecto apreciable, en cualquiera de sus niveles, sobre el crecimiento de las plantas.

Gráfico No 2

VARIACION DEL INCREMENTO EN EL LARGO DE LOS TALLOS

Experimento No 2



Legenda:

f₀, f₁, f₂, f₄, f₁₀, f₃₀ = Frecuencias de aspersión (número de aplicaciones al mes).

r₀ = Ausencia de nitrógeno en el medio radical.

r₁, r₂ = Cantidades, deficiente y suficiente de nitrógeno, como urea, en el medio radical.

a₀ = Ausencia de aspersión de urea.

a_{1.5}, a_{3.0} = Aspersión de urea al 1.5% y 3.0%.

C. DATOS DE MATERIA SECA

Experimento Nº 1

CUADRO Nº 8

VARIACION DEL INCREMENTO DE PESO SECO DE LAS RAICES, TALLOS, HOJAS
Y PLANTA ENTERA, CON LOS TRATAMIENTOS (mg/PLANTA)

| Tratamientos sin aspersión de urea (a_0) | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|-------|----------------------------------|--------|-------|-------|--|--------|-------|-------|
| Solución radical suficiente en N (r_2) | | | | Solución radical sin N (r_0) | | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | |
| Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total |
| 874 | 1410 | 4094 | 6378 | 994 | 1351 | 546 | 2891 | 1255 | 2408 | 4698 | 8361 |
| Tratamientos con aspersión de urea al 1.5% ($a_{1.5}$) | | | | | | | | | | | |
| Frecuencia y hora de aspersión | | | | Solución radical sin N (r_0) | | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | |
| Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total |
| $f_{30}^{h_1}$ | | | | 948 | 1608 | 3475 | 6031 | 779 | 1750 | 4582 | 7111 |
| $f_{30}^{h_2}$ | | | | 1066 | 1783 | 3313 | 6162 | 855 | 2049 | 4900 | 7804 |
| $f_{10}^{h_1}$ | | | | 1132 | 1750 | 2716 | 5598 | 1002 | 2427 | 6494 | 9923 |
| $f_{10}^{h_2}$ | | | | 1153 | 1973 | 3023 | 6149 | 1412 | 2783 | 6541 | 10736 |
| $f_{4}^{h_1}$ | | | | 1238 | 1796 | 1996 | 5030 | 1188 | 2499 | 6129 | 9816 |
| $f_{4}^{h_2}$ | | | | 1184 | 1413 | 1794 | 4391 | 1410 | 2541 | 5877 | 9828 |

Tratamientos con aspersión de urea al 3.0% (a_{3.0})

| Frecuencia y hora de aspersión | Solución radical sin N (r ₀) | | | Solución radical deficiente en N (r ₁) | | | | |
|---|--|--------|-------|--|--------|--------|-------|-------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| f ₁₀ ^h ₁ | 1200 | 2108 | 4053 | 7361 | 755 | 1612 | 4097 | 6464 |
| f ₁₀ ^h ₂ | 1053 | 1696 | 3248 | 5997 | 979 | 2002 | 5385 | 8366 |
| f ₄ ^h ₁ | 1299 | 1753 | 2666 | 5718 | 1246 | 2978 | 5941 | 10165 |
| f ₄ ^h ₂ | 1411 | 2159 | 2994 | 6564 | 1139 | 2671 | 5364 | 9174 |

1. El análisis estadístico de los datos del Cuadro N° 8, llevado a cabo según el modelo de bloques al azar, proporcionó los siguientes resultados:

Análisis de variancia: Raíces Tallos Hojas Total

$$F(\text{tratamientos}) = \frac{3.0}{7.9} = 3.6 \quad \frac{12.5}{7.9} = 12.5 \quad \frac{1.7}{7.9} = 1.7 \quad \frac{.01}{2.1} = .01$$

Prueba de "t" para comparación mañana vs. noche:

| | | | |
|--------|--------|-------|---------------------|
| Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| 1.683 | 0.725 | 0.143 | 0.601 |
| | | | t (66 g.l.) = 1.996 |
| | | | 2.653 |

Diferencias mínimas significativas entre tratamientos (en mg):

| | | | |
|--------|--------|-------|-------|
| Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| 311 | 689 | 1285 | 2046 |
| 414 | 915 | 1709 | 2719 |

2. Análisis estadístico del conjunto de tratamientos que llegaron al final del experimento distribuidos en un diseño factorial de bloques al azar.

Lo expuesto en las páginas 48 y 49 se ha extendido lógicamente, al análisis estadístico de los incrementos de materia seca, como se aplicará también a los datos del análisis químico.

Como en el análisis estadístico, según el modelo de bloques al azar, se observaron diferencias en un par de tratamientos distintos únicamente en cuanto a la hora de aspersión, superiores a las D.M.S., los factoriales considerados en el caso de los datos de raíces y hojas comprenderán también el factor hora de aspersión, o sea, se constituyeron con 4 factores (r, a, f, h) y 2 niveles en cada uno.

Los resultados del análisis estadístico, tomando como testigo el tratamiento $r_0 a_{1.5} f_4 h_1$, en el caso de raíces y hojas, y $r_0 a_{1.5} f_4$ en el caso de tallos y total de la planta, se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 9

EFFECTOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES SOBRE EL INCREMENTO DEL PESO SECO DE LAS RAICES, TALLOS, HOJAS Y PLANTA ENTERA/PLANTA

| Designaciones | Efectos promedios generales (mg) | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| H ₂ | 85 | | 16 | |
| R ₁ | - 67 | 608 ^{**} | 2917 ^{**} | 3458 ^{**} |
| R ₁ x H ₂ | 102 | | 110 | |
| F ₁₀ | - 178 ^{**} | - 182 | 350 | - 11 |
| F ₁₀ x H ₂ | 42 | | 192 | |
| R ₁ x F ₁₀ | - 30 | - 284 [*] | - 547 ^{**} | - 862 |
| R ₁ x F ₁₀ x H ₂ | 88 | | 348 | |
| A _{3.0} | - 80 | - 25 | - 103 | - 208 |
| A _{3.0} x H ₂ | - 65 | | 42 | |
| R ₁ x A _{3.0} | - 144 [*] | - 221 | - 961 ^{**} | - 1326 |
| R ₁ x A _{3.0} x H ₂ | - 64 | | 187 | |
| A _{3.0} x F ₁₀ | - 98 | - 353 ^{**} | - 395 [*] | - 847 |
| A _{3.0} x F ₁₀ x H ₂ | - 24 | | - 9 | |
| R ₁ x A _{3.0} x F ₁₀ | - 19 | - 198 | - 318 | - 534 |
| R ₁ x A _{3.0} x F ₁₀ x H ₂ | 60 | | 401 [*] | |

| Designaciones | Efectos simples promedios (mg) | | | |
|---|--------------------------------|---------------------|----------------------|-------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| R ₁ (sin F ₁₀) | | 892 ^{**} | 3465 ^{**} | |
| R ₁ (con F ₁₀) | | 324 | 2369 ^{**} | |
| R ₁ (sin A _{3.0}) | 76 | | 3878 ^{**} | |
| R ₁ (con A _{3.0}) | - 211 | | 1956 ^{**} | |
| F ₁₀ (sin R ₁) | | 102 | 897 [*] | |
| F ₁₀ (con R ₁) | | - 466 ^{**} | - 198 | |
| F ₁₀ (sin A _{3.0}) | | 171 | 745 ⁺ | |
| F ₁₀ (con A _{3.0}) | | - 536 ^{**} | - 45 | |
| A _{3.0} (sin R ₁) | 63 | | 858 [*] | |
| A _{3.0} (con R ₁) | - 224 [*] | | - 1063 ^{**} | |
| A _{3.0} (sin F ₁₀) | | 328 | 292 | |
| A _{3.0} (con F ₁₀) | | - 378 [*] | - 498 | |

* Significancia al 5%

** Significancia al 1%

+ Significancia al 10%

Experimento Nº 2

CUADRO Nº 10

VARIACION DEL INCREMENTO DE PESO SECO DE LAS RAICES, TALLOS, HOJAS Y PLANTA ENTERA, CON LOS TRATAMIENTOS (mg/PLANTA)

| Tratamientos sin aspersión de urea (a_0) | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--|--------|--|--------------------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | | | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) | | | | | | |
| Solución radical suficiente en N (r_2) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | Solución radical def. en N (r_1) | | | Total | | |
| Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total |
| 854 | 1135 | 4004 | 5993 | 1076 | 1760 | 3950 | 6786 | 1072 | 2020 | 3975 | 7067 |
| Tratamientos con aspersión de urea al 1.5% ($a_{1.5}$) | | | | | | | | | | | |
| Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | | | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) | | | | | | |
| Solución radical suficiente en N (r_2) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | Solución radical def. en N (r_1) | | | Total | | |
| Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total |
| f_2 | 1419 | 2496 | 4519 | 8434 | 1308 | 2368 | 4328 | 8004 | | | |
| f_1 | 962 | 1969 | 4132 | 7063 | 1152 | 2067 | 4533 | 7752 | | | |

Tratamientos con aspersión de urea al 3.0% ($a_{3.0}$)

| Frecuencia de la aspersión | Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) | | | |
|----------------------------|--|--------|-------|-------|--|--------|-------|-------|
| | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | |
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| f_2 | 1052 | 2056 | 4655 | 7763 | 1247 | 2109 | 4511 | 7867 |
| f_1 | 896 | 1890 | 4312 | 7098 | 961 | 1928 | 4324 | 7213 |

1. El análisis estadístico de los datos del Cuadro N° 10, llevado a cabo según el modelo de bloques al azar,

proporcionó los siguientes resultados:

Análisis de variancia:

| | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------|--------------|--------------------|----------------|----------------|
| F (tratamientos) = 3.20^{**} | <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> | <u>Total</u> | <u>P = .05</u> | <u>P = .01</u> |
| | 3.13 ^{***} | 0.64 | 1.85 | F (10 y 30 g.l.) = | 2.16 | 2.98 |

Diferencias mínimas significativas entre tratamientos (en mg):

| | | | | |
|------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| D.M.S. (al 5%) = | <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> | <u>Total</u> |
| | 284 | 570 | - | - |
| D.M.S. (al 1%) = | 382 | 767 | - | - |

2. Análisis del conjunto de tratamientos con aspersión de urea (factorial de bloques al azar).

Con razonamiento igual al seguido en el análisis estadístico de los datos de crecimiento, hemos decidido efectuar idéntico trabajo para los incrementos de materia seca, así como en los datos del análisis químico del nitrógeno.

Los resultados del análisis estadístico, tomando como testigo el tratamiento $a_{1.5}f_1d_0$, se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 11

EFFECTOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES SOBRE EL INCREMENTO DE PESO SECO DE LAS RAICES, TALLOS, HOJAS Y PLANTA ENTERA/PLANTA

| Designaciones | Efectos promedios generales en mg | | | |
|--|-----------------------------------|------------------|-------|------------------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| D _{0.1} | 84 | 16 | 19 | 119 |
| F ₂ | 264 ^{★★} | 294 ⁺ | 178 | 736 ⁺ |
| D _{0.1} x F ₂ | - 43 | - 53 | - 187 | - 282 |
| A _{3.0} | - 171 [*] | - 229 | 73 | 328 |
| D _{0.1} x A _{3.0} | 45 | 30 | - 86 | - 10 |
| A _{3.0} x F ₂ | - 43 | - 120 | 87 | - 76 |
| D _{0.1} x A _{3.0} x F ₂ | 108 | 60 | 109 | 277 |

* Significancia al 5%

★★ Significancia al 1%

+ Significancia al 10%

Los Cuadros Nos. 8 a 11 y Gráfico N° 3 muestran como punto más saliente la disminución del incremento de materia seca de las raíces con el aumento de la cantidad de urea asperjada en las frecuencias altas (4 a 30 veces al mes) dándose el inverso en las frecuencias más bajas (1 y 2 veces al mes). Este efecto es

ligero pero estadísticamente significativo.

Además se puede ver al confrontar los Gráficos Nos. 2 y 3 un paralelismo notable entre los resultados de crecimiento del tallo y los de peso seco de las hojas.

En relación con su efecto sobre el incremento de peso seco del vástago, el tratamiento que consistió en la combinación de aplicación en el medio radical de una cantidad deficiente de urea y aspersión del mismo compuesto al 1.5% cada 3 días, fue el más efectivo, según se deduce de los Cuadros Nos. 8 a 11 y Gráfico N° 3, si bien poniendo la reserva de no ser legítimo teóricamente comparar los resultados del Experimento N° 1 con el N° 2.

El Cuadro N° 8 y Gráfico N° 3 nos informan aún de que las plantas que no recibieron nitrógeno en cualquier forma tuvieron incremento de materia seca muy reducido, siendo particularmente visible este efecto en las hojas.

Con base en los datos experimentales y en la información de los análisis estadísticos construimos el Gráfico N° 3.

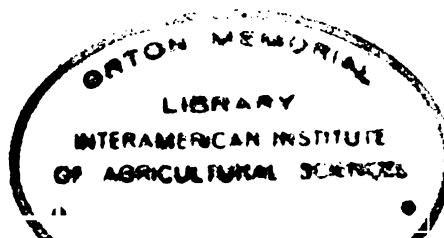
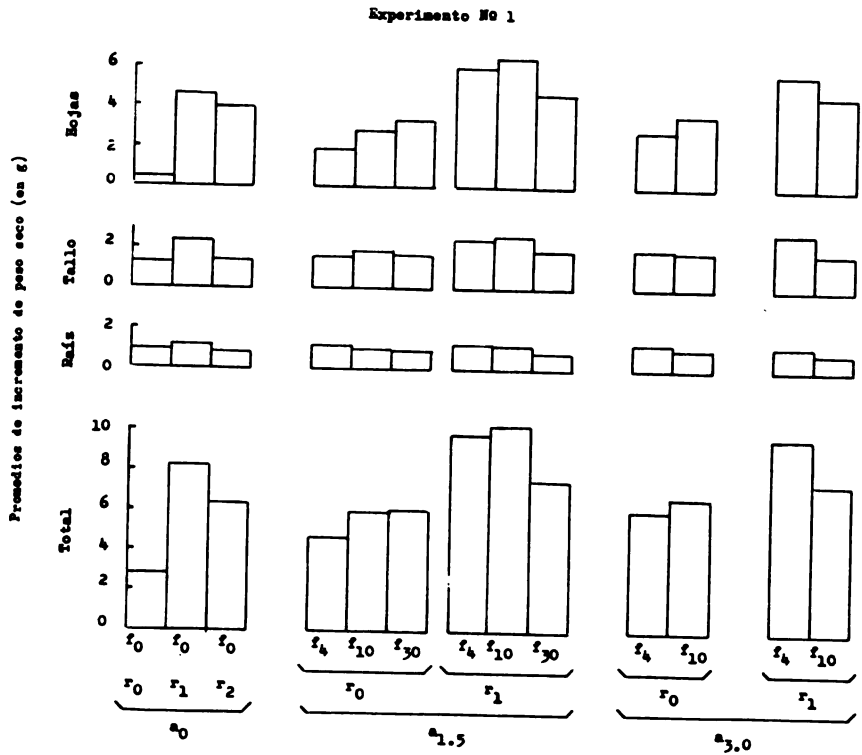
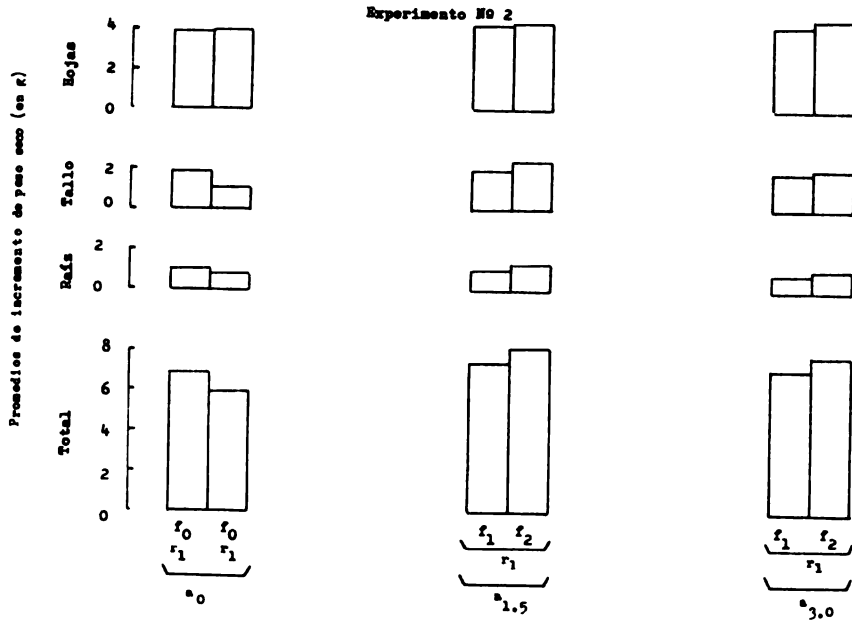


Gráfico No 3

VARIACION DEL INCREMENTO DE PESO SECO



Legenda:

$f_0, f_1, f_2, f_4, f_{10}, f_{30}$ = Frecuencias de aspersión (número de aplicaciones al mes).

r_0 = Ausencia de nitrógeno en el medio radical.

r_1, r_2 = Cantidades, deficiente y suficiente, de nitrógeno, como urea, en el medio radical.

a_0 = Ausencia de aspersión de urea.

$a_{1.5}, a_{3.0}$ = Aspersión de urea al 1.5% y 3.0%.

D. DATOS DEL ANALISIS QUIMICO

d - Incremento del contenido total

Experimento N° 1

CUADRO N° 12

VARIACION DEL INCREMENTO DE CONTENIDO DE NITROGENO EN LAS RAICES, TALLOS, HOJAS Y PLANTA ENTERA, CON LOS TRATAMIENTOS (mg/PLANTA)

Tratamientos sin aspersión de urea (a_0)

| Solución radical suficiente en N (r_2) | | | Solución radical sin N (r_0) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | | | |
|--|--------|-------|----------------------------------|--------|--------|--|-------|--------|--------|-------|-------|
| Raíces | Tallos | Hojas | Total | Raíces | Tallos | Hojas | Total | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| 29 | 40 | 120 | 189 | 5 | 1 | - | 4 | 15 | 15 | 91 | 121 |

Tratamientos con aspersión de urea al 1.5% ($a_{1.5}$)

| Frecuencia y hora de aspersión | Solución radical sin N (r_0) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|--------|-------|--|--------|--------|-------|-------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| f_{30}^{h1} | 13 | 28 | 137 | 178 | 19 | 45 | 182 | 246 |
| f_{30}^{h2} | 16 | 29 | 127 | 172 | 21 | 52 | 185 | 258 |
| f_{10}^{h1} | 11 | 12 | 73 | 96 | 18 | 33 | 170 | 221 |
| f_{10}^{h2} | 11 | 14 | 73 | 98 | 22 | 35 | 168 | 225 |
| f_{4}^{h1} | 10 | 4 | 33 | 47 | 17 | 22 | 132 | 171 |
| f_{4}^{h2} | 9 | 2 | 33 | 44 | 18 | 22 | 129 | 169 |

Tratamientos con aspersión de urea al 3.0% (a_{3.0})

| Frecuencia y hora de aspersión | Solución radical sin N (r ₀) | | | Solución radical deficiente en N (r ₁) | | | | |
|---|--|--------|-------|--|--------|--------|-------|-------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| f ₁₀ ^h ₁ | 15 | 24 | 129 | 168 | 17 | 39 | 157 | 213 |
| f ₁₀ ^h ₂ | 13 | 23 | 109 | 145 | 21 | 41 | 183 | 245 |
| f ₄ ^h ₁ | 12 | 9 | 64 | 85 | 19 | 36 | 153 | 208 |
| f ₄ ^h ₂ | 14 | 11 | 65 | 90 | 17 | 36 | 146 | 199 |

1. El análisis estadístico de los datos del Cuadro N° 12, llevado a cabo según el modelo de bloques al azar, proporcionó los siguientes resultados:

Análisis de variancia:

$$F(\text{tratamientos}) = 8.3^{ab} \quad \begin{array}{l} \text{Raíces} \\ \text{Tallos} \\ \text{Hojas} \\ \text{Total} \end{array} \quad \begin{array}{l} 21.8^{ab} \\ 21.9^{ab} \\ 24.8^{ab} \\ 24.8^{ab} \end{array} \quad \begin{array}{l} F(22 \text{ y } 66 \text{ g.l.}) = 1.7 \\ \\ \\ \end{array} \quad \begin{array}{l} P = .05 \\ P = .01 \\ \\ \end{array}$$

Prueba de "t" para comparación mañana vs. noche:

$$t = \begin{array}{l} 1.423 \\ 0.857 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Raíces} \\ \text{Tallos} \end{array} \quad \begin{array}{l} 0.260 \\ 0.9 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Hojas} \\ \text{Total} \end{array} \quad \begin{array}{l} = 1.996 \\ = 2.653 \end{array}$$

Diferencias mínimas significativas entre tratamientos (en mg):

| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
|------------------|--------|--------|-------|-------|
| D.M.S. (al 5%) = | 5 | 9 | 32 | 40 |
| D.M.S. (al 1%) = | 7 | 12 | 42 | 53 |

2. Análisis estadístico del conjunto de tratamientos que llegaron al final del experimento distribuidos en un diseño factorial de bloques al azar.

CUADRO N° 13

EFFECTOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES SOBRE EL INCREMENTO DE CONTENIDO DE NITROGENO EN LAS RAICES, TALLOS, HOJAS Y PLANTA ENTERA/PLANTA

| Designaciones | Efectos promedios generales (mg) | | | |
|---|----------------------------------|--------|--------|--------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| R ₁ | 7** | 21** | 82** | 110** |
| F ₁₀ | 2* | 10** | 38** | 50** |
| R ₁ x F ₁₀ | 0 | - 2 | - 9* | - 11* |
| A _{3.0} | 2* | 10** | 25** | 36** |
| R ₁ x A _{3.0} | - 2* | 0 | - 15** | - 16** |
| A _{3.0} x F ₁₀ | - 0 | - 1 | - 0 | - 2 |
| R ₁ x A _{3.0} x F ₁₀ | - 0 | - 3** | - 8 | - 11* |

| Designaciones | Efectos simples promedios (en mg) | | | |
|--|-----------------------------------|--------|-------|--------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| R ₁ (sin F ₁₀) | | | 91** | 120** |
| R ₁ (con F ₁₀) | | | 73** | 99** |
| R ₁ (sin A _{3.0}) | 9** | | 97** | 125** |
| R ₁ (con A _{3.0}) | 5** | | 68** | 94** |
| F ₁₀ (sin R ₁) | | | 47** | 60** |
| F ₁₀ (con R ₁) | | | 29** | 39** |
| A _{3.0} (sin R ₁) | 4** | | 39** | 51** |
| A _{3.0} (con R ₁) | - 0 | | 10 | 20** |
| R ₁ x F ₁₀ (sin A _{3.0}) | | 2 | | 1 |
| R ₁ x F ₁₀ (con A _{3.0}) | | - 5** | | - 22** |

| Designaciones | Efectos simples promedios (en mg) | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| $R_1 \times A_{3.0}$ (sin F_{10}) | | 4* | | - 4 |
| $R_1 \times A_{3.0}$ (con F_{10}) | | - 3 | | -27** |
| $A_{3.0} \times F_{10}$ (sin R_1) | | 2 | | 10 |
| $A_{3.0} \times F_{10}$ (con R_1) | | - 5** | | -14* |

* Significancia al 5%

** Significancia al 1%

Experimento N° 2

CUADRO N° 14

VARIACION DEL INCREMENTO DE CONTENIDO DE NITROGENO EN LAS RAICES, TALLOS
HOJAS Y PLANTA ENTERA, CON LOS TRATAMIENTOS (mg/PLANTA)

| Tratamientos sin aspersión de urea (a_0) | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|--------|-------|-------|-----|
| Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | | | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) | | | | | | | |
| Solución radical suficiente en N (r_2) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | Solución radical def. en N (r_1) | | | Total | | | |
| Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total | |
| 29 | 38 | 117 | 184 | 15 | 16 | 80 | 111 | 12 | 14 | 81 | 107 | |
| Tratamientos con aspersión de urea al 1.5% ($a_{1.5}$) | | | | | | | | | | | | |
| Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | | | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) | | | | | | | |
| Solución radical deficiente en N (r_1) | | | Total | Solución radical def. en N (r_1) | | | Total | Solución radical def. en N (r_1) | | | Total | |
| Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total | Rafces | Tallos | Hojas | Total | |
| f_2 | 19 | 28 | 101 | 148 | 17 | 27 | 103 | 147 | 17 | 27 | 103 | 147 |
| f_1 | 13 | 19 | 90 | 122 | 14 | 19 | 99 | 132 | 14 | 19 | 99 | 132 |

Tratamientos con aspersión de urea al 3.0% ($a_{3.0}$)

| Frecuencia de la aspersión | Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) | | | | |
|----------------------------|--|--------|-------|--|--------|--------|-------|-------|
| | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | | |
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| f_2 | 16 | 29 | 120 | 165 | 19 | 31 | 112 | 162 |
| f_1 | 13 | 24 | 106 | 143 | 14 | 23 | 104 | 141 |

1. El análisis estadístico de los datos del Cuadro N° 14, llevado a cabo según el modelo de bloques al azar proporcionó los siguientes resultados:

Análisis de variancia:

$$F(\text{tratamientos}) = \frac{9.7^{**}}{10.8^{**}} = 3.9^{**} \quad F(10 \text{ y } 30 \text{ g.l.}) = 2.16 \quad P = .01$$

$$P = \frac{.05}{.01} = 2.98$$

Diferencias mínimas significativas entre tratamientos (en mg):

| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
|------------------|--------|--------|-------|-------|
| D.M.S. (al 5%) = | 4 | 6 | 19 | 23 |
| D.M.S. (al 1%) = | 6 | 8 | 26 | 31 |

2. Análisis del conjunto de tratamientos con aspersión de urea (factorial de bloques al azar).

CUADRO N° 15

EFFECTOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES SOBRE EL INCREMENTO DE CONTENIDO DE NITROGENO EN LAS RAICES, TALLOS, HOJAS Y PLANTA ENTERA/PLANTA

| Designaciones | Efectos promedios generales (mg) | | | |
|--|----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | Raíces | Tallos | Hojas | Total |
| D _{0.1} | 1 | 0 | 0 | 1 |
| F ₂ | 4 ^{**} | 7 ^{**} | 9 [*] | 21 ^{**} |
| D _{0.1} x F ₂ | - 0 | 0 | - 3 | - 3 |
| A _{3.0} | - 0 | 3 ⁺ | 13 ^{**} | 16 ^{**} |
| D _{0.1} x A _{3.0} | 1 | 0 | - 5 | - 4 |
| A _{3.0} x F ₂ | - 1 | - 1 | 2 | 0 |
| D _{0.1} x A _{3.0} x F ₂ | 1 | 1 | 0 | 2 |

* Significancia al 0.05

** Significancia al 0.01

+ Significancia al 0.10

3 - Porcentaje en la materia seca

Nitrógeno total

Experimento N° 1

CUADRO N° 16

VARIACION DEL PORCENTAJE DE NITROGENO EN LAS RAICES, TALLOS Y HOJAS, CON LOS TRATAMIENTOS

Tratamientos sin aspersión de urea (a_0)

| Solución radical suficiente en N (r_2) | | Solución radical sin N (r_0) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | |
|--|---------------|----------------------------------|---------------|---------------|--|---------------|---------------|--------------|
| <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> | <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> | <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> |
| 3.07 | 2.75 | 2.89 | 0.72 | 0.38 | 1.14 | 1.24 | 0.81 | 1.97 |

Tratamientos con aspersión de urea al 1.5% ($a_{1.5}$)

| Frecuencia y hora de aspersión | Solución radical sin N (r_0) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------|--------------|--|---------------|--------------|
| | <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> | <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> |
| $f_{30}^{h_1}$ | 1.43 | 1.87 | 3.72 | 2.37 | 2.66 | 3.91 |
| $f_{30}^{h_2}$ | 1.54 | 1.77 | 3.60 | 2.44 | 2.55 | 3.74 |
| $f_{10}^{h_1}$ | 1.07 | 0.96 | 2.62 | 1.85 | 1.49 | 2.58 |
| $f_{10}^{h_2}$ | 1.04 | 0.94 | 2.41 | 1.59 | 1.37 | 2.56 |
| $f_4^{h_1}$ | 0.90 | 0.57 | 1.79 | 1.48 | 1.03 | 2.17 |
| $f_4^{h_2}$ | 0.87 | 0.57 | 1.91 | 1.36 | 1.03 | 2.21 |

Tratamientos con aspersión de urea al 3.0% (a_{3.0})

| Frecuencia y hora de aspersión | Solución radical sin N (r ₀) | | Solución radical deficiente en N (r ₁) | |
|---|--|--------|--|--------|
| | Raíces | Tallos | Raíces | Tallos |
| f ₁₀ ^h ₁ | 1.35 | 1.31 | 2.32 | 2.50 |
| f ₁₀ ^h ₂ | 1.34 | 1.52 | 2.11 | 2.12 |
| f ₄ ^h ₁ | 1.04 | 0.81 | 1.60 | 1.35 |
| f ₄ ^h ₂ | 1.06 | 0.75 | 1.57 | 1.50 |

1. El análisis estadístico de los datos del Cuadro N° 16, llevados a cabo según el modelo de bloques al azar, proporcionó los siguientes resultados:

Análisis de variancia:

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|----------------|
| <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> | <u>P = .05</u> | <u>P = .01</u> |
| F (tratamientos) = 45.6 44 | 50.2 44 | 42.6 44 | F (22 y 66 g.l.) = 1.7 | 2.1 |

Prueba de "t" para comparación mañana vs. noche:

| | | |
|---------------|---------------|---------------------|
| <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> |
| t = 1.23 | 1.08 | 1.30 |
| | | t (66 g.l.) = 1.996 |
| | | 2.653 |

Diferencias mínimas significativas entre tratamientos:

| | | |
|------------------------|---------------|--------------|
| <u>Raíces</u> | <u>Tallos</u> | <u>Hojas</u> |
| D.M.S. (al 5%) = 0.24% | 0.28% | 0.32% |
| D.M.S. (al 1%) = 0.32% | 0.37% | 0.42% |

2. Análisis estadístico del conjunto de tratamientos que llegaron al final del experimento distribuidos en un diseño factorial de bloques al azar.

CUADRO N° 17

EFFECTOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES SOBRE EL PORCENTAJE DE NITROGENO EN LAS RAICES, TALLOS Y HOJAS

| Designaciones | Efectos promedios generales (%) | | |
|---|---------------------------------|--------|--------|
| | Raíces | Tallos | Hojas |
| R ₁ | 0.66** | 0.62** | 0.28** |
| F ₁₀ | 0.35** | 0.58** | 0.70** |
| R ₁ x F ₁₀ | 0.23** | 0.07 | - 0.06 |
| A _{3.0} | 0.28** | 0.49** | 0.62** |
| R ₁ x A _{3.0} | 0.10 | 0.15** | 0.08 |
| A _{3.0} x F ₁₀ | 0.23** | 0.19** | 0.18** |
| R ₁ x F ₁₀ x A _{3.0} | 0.11 | 0.06 | 0.08 |

| Designaciones | Efectos simples promedios (%) | | |
|---|-------------------------------|--------|--------|
| | Raíces | Tallos | Hojas |
| R ₁ (sin F ₁₀) | 0.54** | | |
| R ₁ (con F ₁₀) | 0.77** | | |
| R ₁ (sin A _{3.0}) | | 0.47** | |
| R ₁ (con A _{3.0}) | | 0.77** | |
| F ₁₀ (sin R ₁) | 0.23** | | |
| F ₁₀ (con R ₁) | 0.46** | | |
| F ₁₀ (sin A _{3.0}) | 0.23** | 0.39** | 0.52** |
| F ₁₀ (con A _{3.0}) | 0.46** | 0.76** | 0.88** |
| A _{3.0} (sin R ₁) | | 0.34** | |
| A _{3.0} (con R ₁) | | 0.64** | |
| A _{3.0} (sin F ₁₀) | 0.16** | 0.30** | 0.44** |
| A _{3.0} (con F ₁₀) | 0.39** | 0.67** | 0.80** |

** Indica significancia al .01

Experimento N° 2

CUADRO N° 18

VARIACION DEL PORCENTAJE DE NITROGENO EN LAS RAICES, TALLOS Y HOJAS, CON LOS TRATAMIENTOS

| Tratamientos sin aspersión de urea (a_0) | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--|--------|--|--|--------|-------|--------|--------|-------|
| Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | | | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) | | | | | | |
| Solución radical suficiente en N (r_2) | | | Solución radical def. en N (r_1) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | | | |
| Raíces | Tallos | Hojas | Raíces | Tallos | Hojas | Raíces | Tallos | Hojas | Raíces | Tallos | Hojas |
| 3.22 | 3.08 | 2.83 | 1.43 | 1.13 | 2.06 | 1.25 | 0.92 | 2.07 | | | |
| Tratamientos con aspersión de urea al 1.5% ($a_{1.5}$) | | | | | | | | | | | |
| Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | | | Aspersión con Triton X 100 al 0.1% ($d_{0.1}$) | | | | | | |
| Solución radical def. en N (r_1) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | | | | | | | |
| Raíces | Tallos | Hojas | Raíces | Tallos | Hojas | Raíces | Tallos | Hojas | Raíces | Tallos | Hojas |
| f_2 | 1.38 | 1.27 | 2.23 | 1.39 | 1.29 | 2.36 | | | | | |
| f_1 | 1.42 | 1.19 | 2.19 | 1.31 | 1.14 | 2.19 | | | | | |

Tratamientos con aspersión de urea al 3.0% ($a_{3.0}$)

| Frecuencia de la aspersión | Sin aspersión con Triton X 100 (d_0) | | | Aspersión con Triton X 100 al 3.0% ($d_{0.1}$) | | |
|----------------------------|--|--------|-------|--|--------|-------|
| | Solución radical def. en N (r_1) | | | Solución radical deficiente en N (r_1) | | |
| | Raíces | Tallos | Hojas | Raíces | Tallos | Hojas |
| f_2 | 1.64 | 1.53 | 2.57 | 1.56 | 1.59 | 2.48 |
| f_1 | 1.58 | 1.41 | 2.44 | 1.59 | 1.41 | 2.39 |

1. El análisis estadístico de los datos del Cuadro N° 18, llevado a cabo según el modelo de bloques al azar, proporcionó los siguientes resultados:

| | | | | | | |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------|------|
| Análisis de variancia: | Raíces | Tallos | Hojas | P = .05 | P = .01 | |
| F (tratamientos) = | 59.50 11 | 44.00 11 | 13.46 11 | F (10 y 30 g.l.) = | 2.16 | 2.98 |

Diferencias mínimas significativas entre tratamientos:

| | | | |
|------------------|--------|--------|-------|
| D.M.S. (al 5%) = | Raíces | Tallos | Hojas |
| | 0.20% | 0.25% | 0.18% |
| D.M.S. (al 1%) = | 0.28% | 0.33% | 0.24% |

2. Análisis del conjunto de tratamientos con aspersión de urea (factorial de bloques al azar).

CUADRO N° 19

EFFECTOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES SOBRE EL PORCENTAJE DE NITROGENO EN LAS RAICES, TALLOS Y HOJAS

| Designaciones | Efectos promedios generales (%) | | |
|--|---------------------------------|---------------------|--------------------|
| | Raíces | Tallos | Hojas |
| D _{0.1} | - 0.04 | 0.01 | 0.00 ⁰⁶ |
| F ₂ | 0.02 | 0.14 [*] | 0.11 [*] |
| D _{0.1} x F ₂ | 0.01 | 0.03 | 0.02 |
| A _{3.0} | 0.22 ^{**} | 0.26 ^{**} | 0.23 ^{**} |
| D _{0.1} x A _{3.0} | 0.01 | 0.02 | -0.07 |
| A _{3.0} x F ₂ | - 0.01 | 0.02 | 0.00 ³ |
| D _{0.1} x A _{3.0} x F ₂ | - 0.05 | - 0.00 ² | -0.04 |

* Indica significancia al .05

** Indica significancia al .01

Los datos presentados en el Cuadro N° 12 y Gráfico N° 4 muestran que las plantas a las cuales no se ha aplicado nitrógeno, tuvieron un incremento prácticamente negligible de este elemento en los tejidos radicales, pero ninguno en los tallos u hojas.

Aumentando la dosis de urea en la solución radical en ausencia de aspersión, y aumentando la frecuencia de aspersión al 1.5% ó 3.0%, en ausencia o presencia de urea en el medio radical, siempre se incrementó la cantidad de nitrógeno absorbido en las tres partes de las plantas. Tal se puede ver en los Cuadros Nos. 12 al 15 y Gráfico N° 4. El porcentaje del elemento en los tejidos secos varió en forma semejante (Cuadros Nos. 16 al 19 y Gráfico N° 4) de tal manera que, aun cuando uno de los tratamientos mencionados causó una

disminución en el peso seco, siempre aumentó la cantidad de nitrógeno absorbido en los distintos tejidos de la planta.

La comparación de los Gráficos 4 y 1 nos indica que las frecuencias de 30 veces al mes para la dosis de 1.5% y de 10 veces al mes para la de 3.0% resultaron en porcentaje excesivo del N (3.16%) en la materia seca foliar, acompañada de necrosis grave (grado 3 ó mayor). El porcentaje de N en las hojas de las plantas sin urea en el medio radical y asperjadas con urea al 1.5%, 10 veces al mes o menos y al 3.0%, 4 veces, no sobrepasó el límite en que se dejó de distinguir visualmente deficiencia de N (2.42 - 2.52%).

Con una cantidad deficiente de N en la solución radical, frecuencias de aspersión al 1.5%, inferiores a 10 veces al mes, resultaron en una deficiencia visible de N. Lo mismo ocurrió con 3.0% de urea aplicada 2 veces al mes.

Fósforo, potasio, calcio y magnesio

Los Gráficos Nos. 5, 6, 7 y 8 muestran los incrementos en las cantidades de fósforo, potasio, calcio y magnesio, verificados en el período experimental en las hojas, tallos, raíces y plantas enteras y también los porcentajes de estos elementos en la materia seca de dichas partes de la planta, al terminar el Experimento N° 1.

Es claro que la cantidad de cada uno de estos elementos que se encuentra en los tejidos está relacionada tanto con el peso seco del tejido respectivo como con el porcentaje.

No se han hecho todos los análisis estadísticos respectivos, pero considerando los Gráficos Nos. 5, 6, 7 y 8 en conjunto con el Gráfico N° 3 se pueden sacar las siguientes conclusiones generales:

Fósforo (Gráfico N° 5)

- a. Se puede ver que la disminución en el incremento de la cantidad total de fósforo en las raíces con el aumento de la frecuencia de aspersión de urea (al 1.5% y 3.0%) está relacionada estrechamente con la disminución del peso seco.
- b. Hay un aumento del porcentaje de fósforo en los tejidos secos del tallo con el aumento de la frecuencia de aspersión de urea y con el aumento de la cantidad aplicada a las raíces en ausencia de aspersión. Esta relación también se verificó en las hojas pero no con la misma intensidad.

Potasio (Gráfico N° 6)

No se nota ninguna tendencia de cambios bruscos en el porcentaje de potasio en los tejidos, las cantidades totales presentes así siguiendo el ritmo de los pesos secos de los tejidos respectivos.

Calcio (Gráfico N° 7)

Un punto notable es el aumento sistemático del porcentaje de calcio en los tejidos secos del tallo con el aumento de la frecuencia de aspersión de urea (al 1.5% y 3.0%) y con el aumento de la cantidad de urea aplicada al medioradical en ausencia de aspersión.

En las hojas el porcentaje de calcio no presentó tal regularidad en la variación y en las raíces casi no varió con los tratamientos.

Magnesio (Gráfico N° 8)

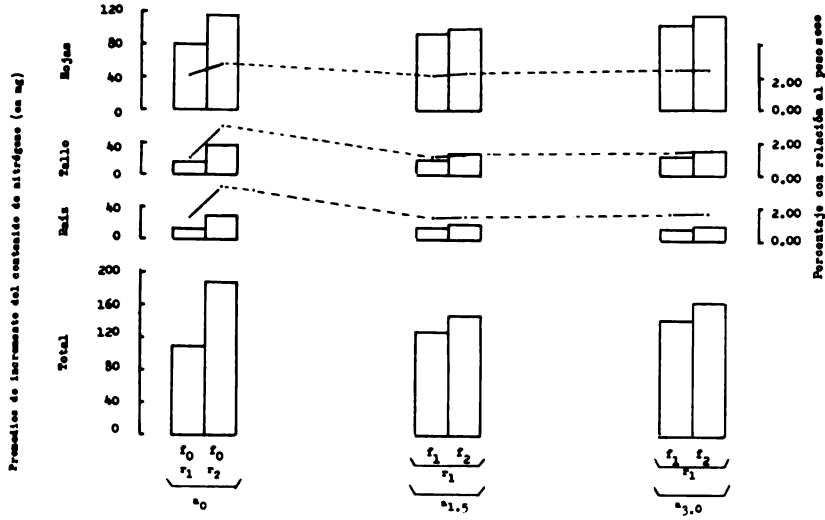
Se puede notar:

- a. El aumento constante del porcentaje de magnesio en los tejidos secos del tallo al aumentar la frecuencia de aspersión de urea (al 1.5% y 3.0%) como en el caso del calcio.
- b. La disminución constante del porcentaje de magnesio en la materia seca foliar al aumentar la frecuencia de aspersión de urea (al 1.5% ó 3.0%).

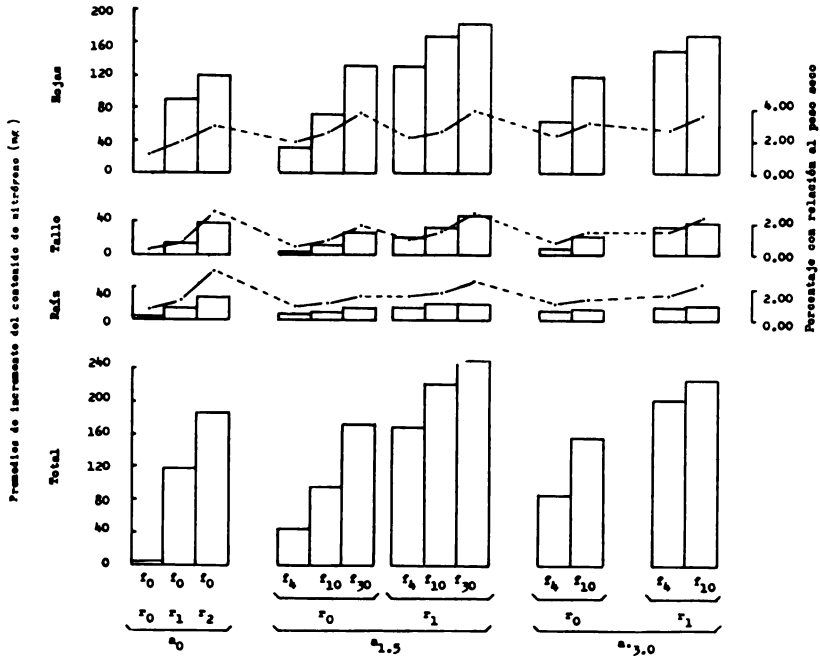
Gráfico No 4

VARIACION EN EL INCREMENTO DE LA CANTIDAD TOTAL DE NITROGENO Y EN EL PORCENTAJE DE ESTE CON RELACION A LA MATERIA SECA

Experimento No 2



Experimento No 1

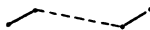


LEYENDA:

- f₀, f₁, f₂, f₄, f₁₀, f₃₀ = frecuencias de aspersión (número de aplicaciones al mes).
- r₀ = Ausencia de nitrógeno en el medio radical.
- r₁, r₂ = Cantidades, deficiente y suficiente de nitrógeno, como urea, en el medio radical.
- a₀ = Ausencia de aspersión de urea.
- a_{1.5}, a_{3.0} = Aspersión de urea al 1.5% y 3.0%.



Incrementos promedio del contenido del elemento. (Véase escala en mg a la izquierda).

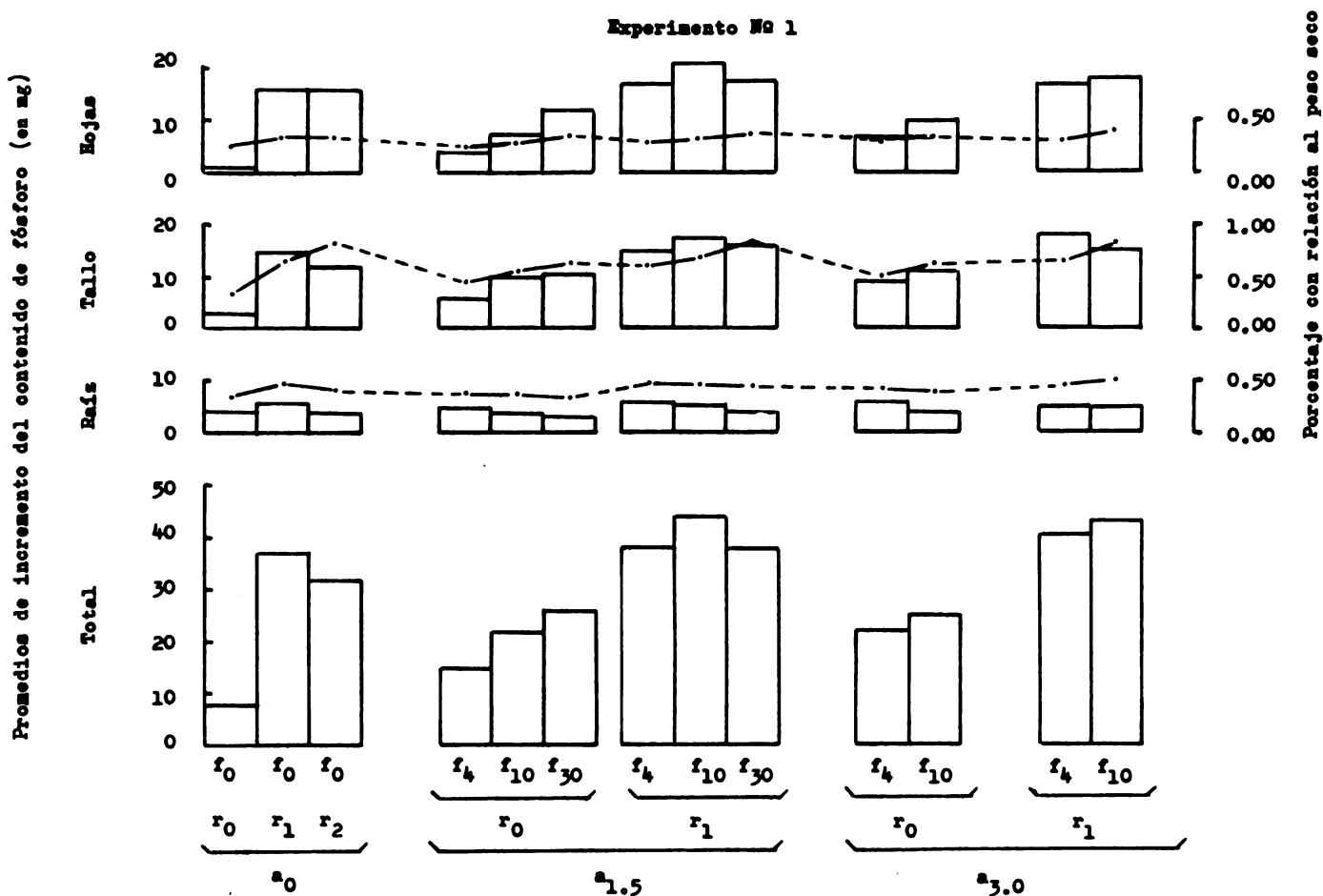


Variación del porcentaje del elemento. (Véase escala en % a la derecha).

Gráfico No 5

VARIACION EN EL INCREMENTO DE LA CANTIDAD TOTAL DE FOSFORO Y EN EL PORCENTAJE DE ESTE CON RELACION A LA MATERIA SECA

Experimento No 1



Leyenda:

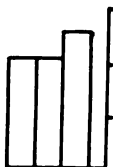
f_0, f_4, f_{10}, f_{30} = Frecuencias de aspersión (número de aplicaciones al mes).

r_0 = Ausencia de nitrógeno en el medio radical.

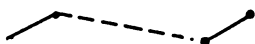
r_1, r_2 = Cantidades, deficiente y suficiente de nitrógeno, como urea, en el medio radical.

a_0 = Ausencia de aspersión de urea.

$a_{1.5}, a_{3.0}$ = Aspersión de urea al 1.5% y 3.0%.



Incrementos promedios del contenido del elemento. (Véase escala en mg a la izquierda).



Variación del porcentaje del elemento. (Véase escala en % a la derecha).

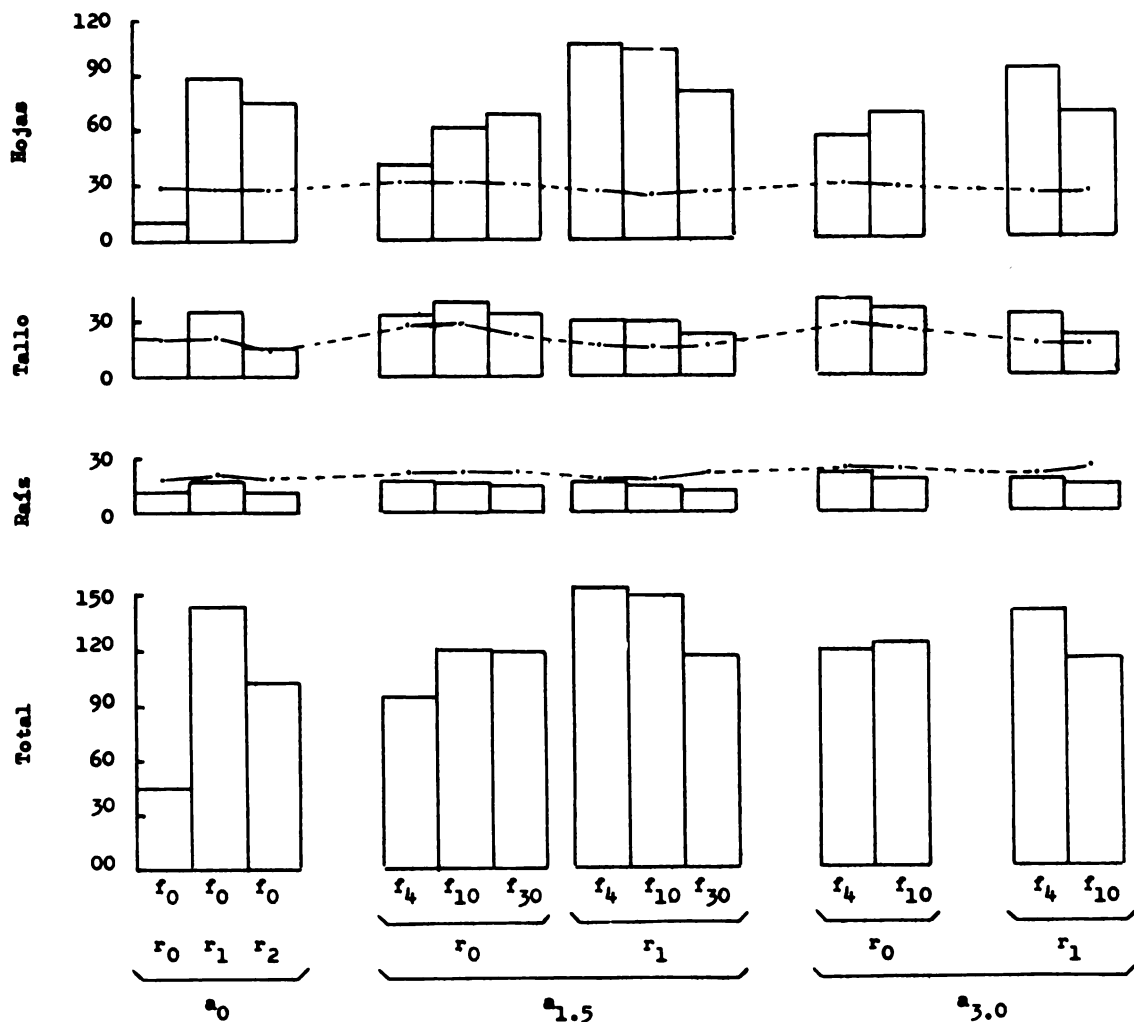
Gráfico No 6

VARIACION EN EL INCREMENTO DE LA CANTIDAD TOTAL DE POTASIO Y EN EL PORCENTAJE DE ESTE CON RELACION A LA MATERIA SECA

Experimento No 1

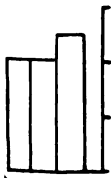
Promedios de incremento del contenido de potasio (en mg)

Porcentaje con relación al peso seco

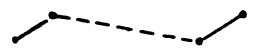


Legenda:

- f_0, f_4, f_{10}, f_{30} = Frecuencias de aspersión (número de aplicaciones al mes).
- r_0 = Ausencia de nitrógeno en el medio radical.
- r_1, r_2 = Cantidades, deficiente y suficiente de nitrógeno, como urea, en el medio radical.
- a_0 = Ausencia de aspersión de urea.
- $a_{1.5}, a_{3.0}$ = Aspersión de urea al 1.5% y 3.0%.



Incrementos promedios del contenido del elemento. (Véase escala en mg a la izquierda).

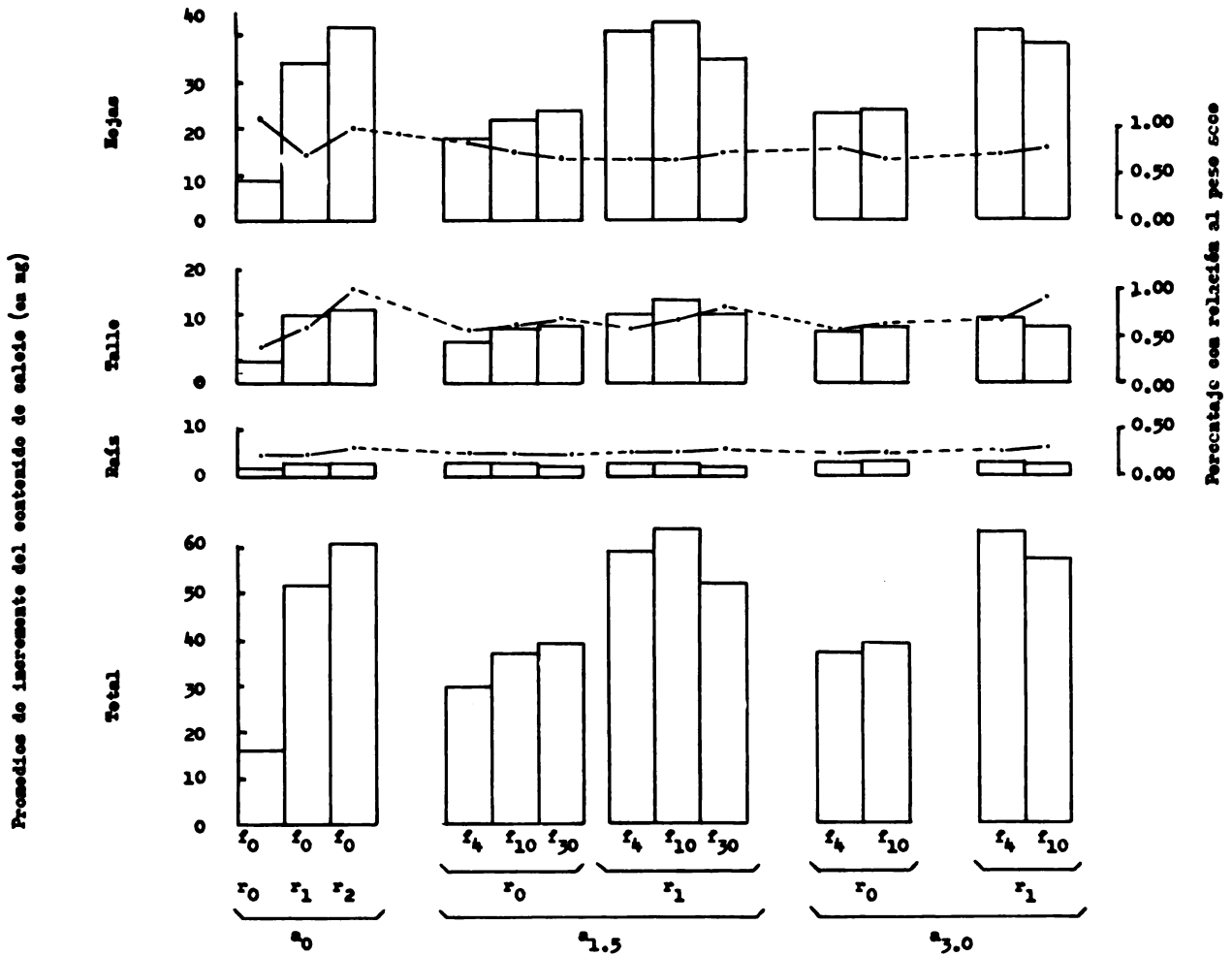


Variación del porcentaje del elemento. (Véase escala en % a la derecha).

Gráfico No 7

VARIACION EN EL INCREMENTO DE LA CANTIDAD TOTAL DE CALCIO Y EN EL PORCENTAJE DE ESTE OGH RELACION A LA MATERIA SECA

Experimento No 1



Legenda:

f_0, f_4, f_{10}, f_{30} = Frecuencias de aspersión (número de aplicaciones al mes).

r_0 = Ausencia de nitrógeno en el medio radical.

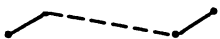
r_1, r_2 = Cantidades, deficiente y suficiente de nitrógeno, como urea, en el medio radical.

a_0 = Ausencia de aspersión de urea.

$a_{1.5}, a_{3.0}$ = Aspersión de urea al 1.5% y 3.0%.



Incrementos promedio del contenido del elemento. (Véase escala en mg a la izquierda).

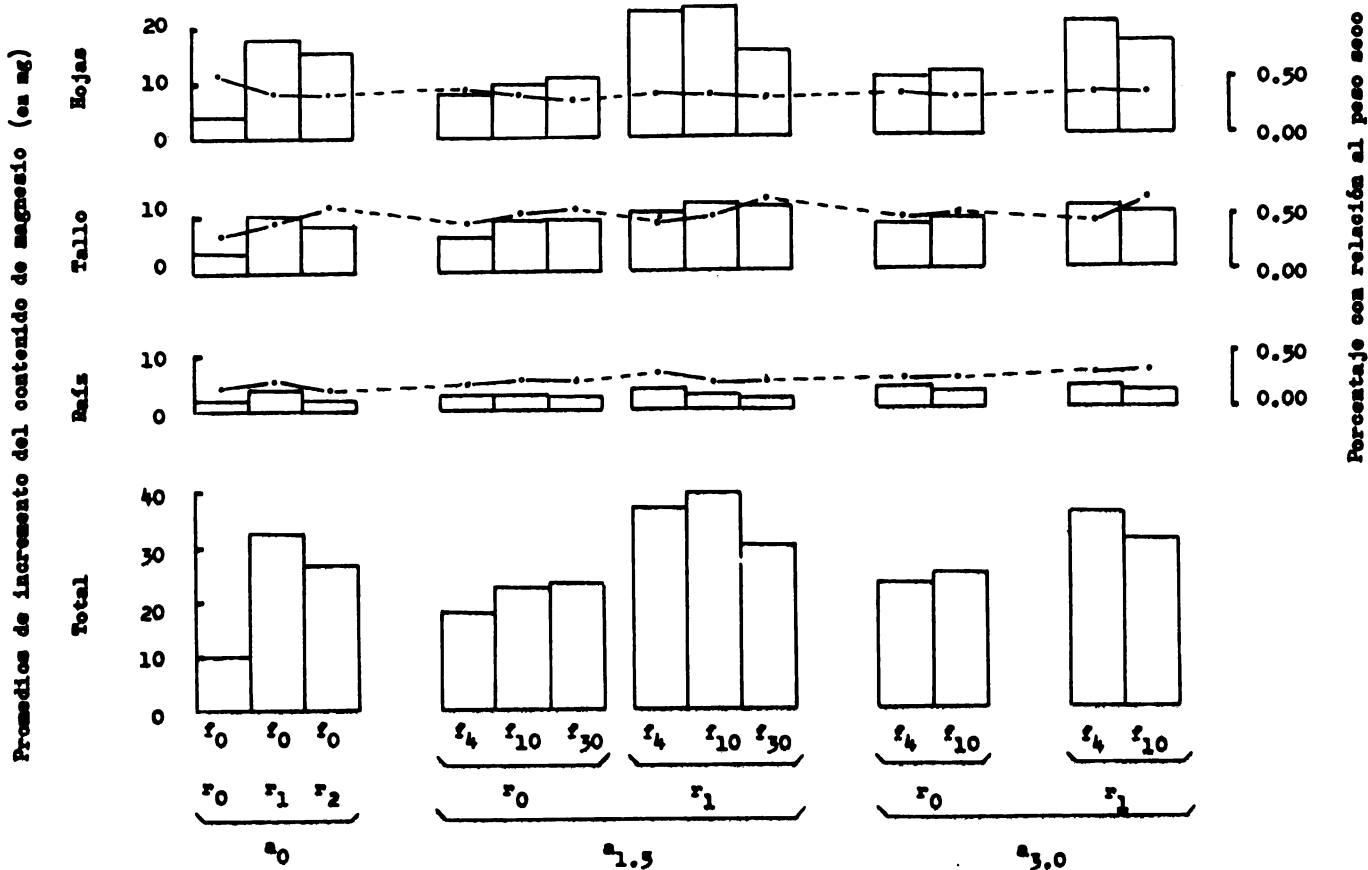


Variación del porcentaje del elemento. (Véase escala en % a la derecha).

Gráfico No 8

VARIACION EN EL INCREMENTO DE LA CANTIDAD TOTAL DE MAGNESIO Y EN EL PORCENTAJE DE ESTE CON RELACION A LA MATERIA SECA

Experimento No 1



Legenda:

f_0, f_4, f_{10}, f_{30} = Frecuencias de aspersión (número de aplicaciones al mes).

r_0 = Ausencia de nitrógeno en el medio radical.

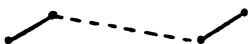
r_1, r_2 = Cantidades, deficiente y suficiente de nitrógeno, como urea, en el medio radical.

a_0 = Ausencia de aspersión de urea.

$a_{1.5}, a_{3.0}$ = Aspersión de urea al 1.5% y 3.0%.



Incrementos promedio del contenido del elemento. (Véase escala en mg a la izquierda).



Variación del porcentaje del elemento. (Véase escala en % a la derecha).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que la necrosis observada en las hojas de plantas jóvenes de cacao después de la aspersión de ciertas cantidades de urea, no está aparentemente relacionada con el porcentaje de fósforo, potasio, calcio y magnesio de las mismas hojas, cuando la solución radical es equilibrada, excepto para el nitrógeno (ausente o en deficiencia). Además muestran que el porcentaje de área foliar necrótica no está en relación con el nivel de urea en dicha solución, cuando esto es cero o una cantidad deficiente.

Así la muerte de los tejidos foliares, la cual normalmente progresa a partir de los más viejos, deberá relacionarse con acumulación en dosis tóxica en el tejido foliar de la urea asperjada, o algún producto de su metabolismo. El hecho de que el porcentaje de área necrótica no es visiblemente distinto en plantas sin o con una cantidad deficiente de urea en la solución radical parece indicar que la urea absorbida por las raíces no afecta la cantidad de urea aportada a las hojas que puede provocar necrosis; posiblemente la urea absorbida por las raíces fue rápidamente metabolizada y así nunca causó una acumulación de urea en las hojas, mientras la urea aplicada a las hojas quedó en ellas cierto tiempo sin metabolizar y por eso provocó síntomas necróticos.

La circunstancia de que la necrosis es siempre más grave, para una cierta frecuencia de aspersión al usar urea al 3.0% que al 1.5% y que para cada uno de estos niveles aumenta de intensidad como aumenta la frecuencia de la aplicación, se puede comprender con base en lo anterior. Pareció que las hojas jóvenes (de color verde claro) no se presentaron más afectadas que las más viejas, lo que es interesante notar.

No se ha determinado el(los) compuesto(s) a cuya acumulación se pueda atribuir los síntomas referidos. Se llevaron a cabo aspersiones con soluciones acuosas de biureto en dosis muy superiores a las que son de admitir en una urea

cristalizada, y no se notó necrosis foliar al final de 3 aplicaciones con 2 días de intervalo, pero sí clorosis en las hojas jóvenes. Fue detectada ureasa en las hojas pero considerando la información contenida en el trabajo de Cain (22), se supone que la parte sin metabolizar de la urea absorbida está positivamente relacionada con esto.

Idénticamente Boynton y col. (15) observaron en manzano acumulación de urea en las hojas 24 horas después de la aspersión de este producto al 3%, pero los síntomas observados difieren de los descritos en este trabajo; Hilton y Shaw (59), en tomate, relacionaron los daños causados por aspersión de urea con depresión de relación C/N; Webster y col. (126) en frijol, determinaron acumulación de urea libre en la hoja en resultado de hidrólisis más lenta que la absorción; Kuykendall y Wallace (66) en citrus, encontraron que doblando la concentración de urea asperjada duplicó la rata de absorción y que la actividad de la ureasa en los tejidos jóvenes era doble de la de los maduros.

Por otro lado Kuykendall y Wallace (65) en citrus, reportan síntomas idénticos a los que describimos en consecuencia de aspersiones de urea al 2, 3 y 4% pero afirman no haber detectado urea al final de 24 horas y Walker y Fisher (124) en cerezo, y Sanford y col. (101) en piña, presentan una descripción de toxicidad que atribuyen a biureto también en forma análoga al que encontramos, mientras Volk (122) aplica experimentalmente varias soluciones de biureto en cafeto de las cuales resultaron clorosis, apenas localizadas en las hojas jóvenes.

La sintomatología verificada en el presente estudio, tanto de toxicidad como de deficiencia de nitrógeno, fue idéntica en las aplicaciones en la mañana y al anochecer, mostrando los datos de peso seco y de análisis químico del N total que la cantidad de N absorbida fue idéntica en ambas horas, lo que está aparentemente en desacuerdo con lo encontrado por Volk y McAuliffe (123) en tabaco. Estos autores reportaron de 3 a 10 veces más absorción en un período

de 4 horas durante la noche que de día y 3 veces mayor en la mañana que de tarde. Aunque, como generalmente se acepta, la absorción de urea por las hojas se verifica por difusión se comprende que las variaciones diurnas en el contenido de las hojas afectan su ritmo. La contradicción entre el presente resultado y el de Volk y McAuliffe es ciertamente apenas aparente, pues los datos de estos investigadores fueron tomados a las 4 horas de aplicación y no significan que la planta absorba más cantidad en un período más largo, pero sí, que la absorción se efectúa más rápidamente en la noche.

El resultado negativo obtenido con la inclusión del humectante no iónico Triton X 100 al 0.1% no indica tampoco que su presencia no tenga acelerada la absorción inicial de la urea por las hojas de cacao, pero sí, que no modifica la cantidad total absorbida en un período de tiempo de varios días.

La clorosis intervenal que se repitió en los 2 experimentos en el tratamiento con solución radical completa y que no se manifestó en los tratamientos restantes, es cosa que requiere más investigación. Es posible que la urea asperjada tenga influencia favorable en la movilización del hierro, aunque no se encuentra explicación fácil para eso, pues según Biddulph (8) las condiciones favorables son un bajo contenido de fósforo (el cual no se verificó en el presente experimento) y un pH bajo.

La clorosis por deficiencia de nitrógeno se relacionó siempre con un nivel deficiente en las hojas.

Los resultados de crecimiento de los tallos estuvieron en paralelismo con los de peso seco de las hojas, lo que parece indicar que los tratamientos foliares afectaron el crecimiento del tallo en relación directa con su efecto sobre las hojas.

Los datos de peso seco muestran como punto más notable la disminución del incremento de materia seca de las raíces, con el aumento de la cantidad de urea aplicada en aspersión foliar en las frecuencias de aplicación de 4 a

30 veces al mes. Kuykendall y Wallace (65) han observado efecto idéntico en citrus y lo explican por la menor actividad radical en consecuencia de que, al aplicar el N directamente en las hojas, esto se combina con los carbohidratos para formar proteínas y otros compuestos nitrogenados y por lo tanto cuanto mayor sea la cantidad de urea asperjada, menos hidrocarbonados son transportados a las raíces.

Los datos del análisis químico para el nitrógeno observados en conjunto con los de incremento de peso seco, indican que en las 3 partes de la planta hubo aumento creciente de la cantidad de N y de la concentración en la materia seca, cuando se aumentó la cantidad de urea asperjada en las hojas, pero en las raíces esto va acompañado de disminución en el incremento de peso seco a menos que la frecuencia de aspersión sea pequeña (1 ó 2 veces al mes). La urea es por lo tanto transportada a todas las partes de la planta en proporción directa con la cantidad asperjada en las hojas, aunque el porcentaje y cantidad de nitrógeno en las raíces no llegó al mismo nivel, cuando se aplicó una parte o todo el nitrógeno en forma de aspersión, que cuando se aplicó solamente a las raíces. Esto extiende lo admitido por Alvim (1), tomando como base apenas los porcentajes de N encontrados.

Las frecuencias de aspersión de 30 veces al mes para la dosis de 1.5% y de 10 veces para la de 3% resultaron en porcentaje excesivo de N en la materia seca foliar, acompañada de necrosis grave, que se supone estar relacionada con desnaturalización de proteínas, debido a acumulación de urea no metabolizada en los tejidos.

El nitrógeno aplicado en aspersión parece no haber afectado fuertemente el porcentaje de P, K, Ca y Mg en las hojas y raíces, pudiendo observarse que la mayor variación se verificó en los tallos. En ellos, el porcentaje de P, Ca y Mg aumentó paralelamente al N, mientras el de K siempre bajó al subir esto. Estos resultados llevan a sugerir que el tallo de las plantas jóvenes de

cacao es particularmente susceptible a los cambios de nutrición y su análisis químico puede indicar más eficazmente el nivel de fertilidad de un suelo, que el de las hojas, lo cual es el material generalmente utilizado para tal.

Tollenaar (115) en fecha en que había terminado ya el primer borrador del presente estudio indicó que en Hacienda Clementina (Ecuador) se está pulverizando a bajo volumen por avión el cacao, con urea al 50%, sin daños visibles.

Utilizando urea cristalizada aplicamos en algunas plántulas tal solución en una aspersión, usando alto volumen. Al asperjar igualmente las dos faces de las hojas los efectos letales eran visibles a las 72 horas, pero asperjando principalmente el haz los daños a los 8 días eran reducidos en gran número de hojas, si bien otras hubieran muerto.

Surgen mezclados en este caso efectos de cantidad aplicada y página de la hoja por donde se realiza principalmente la absorción, por lo que no podemos hacer más que conjeturas.

En otro grupo de plantas de edad variable entre el año aproximadamente y los 4 años se asperjó a bajo volumen observándose daños muy variables, los cuales de igual modo no se sabe si atribuir a una excesiva cantidad aplicada, por mal uso de la máquina, si a la cara de la hoja principalmente atingida, etc.

El análisis de los resultados obtenidos nos permite concluir que:

1. No fue posible completar las exigencias nutricionales absolutas de plántulas de cacao para el nitrógeno con la aplicación de urea únicamente en aspersión al vástago.
2. La aspersión de urea ha complementado un aporte deficiente de nitrógeno por las raíces. Con una solución radical que contuvo aproximadamente una cuarta parte del nitrógeno de una solución considerada completa se han obtenido plantas con crecimiento vigoroso y aparentemente

completamente normales mediante la aspersión cada 7 y cada 3 días de una solución de urea al 1.5%.

3. El mejor resultado se obtuvo con la concentración de 1.5% para la urea a asperjar, y el intervalo de 3 días para la aspersión; no se encontró diferencia significativa entre los resultados obtenidos con la aplicación en la mañana o al anochecer.
4. Las cantidades de N, P, K, Ca y Mg retenidas por las hojas, tallos y raíces del total absorbido, se pueden ver en los cuadros y gráficos presentados, así como los síntomas visuales de deficiencia y toxicidad. Se concluyó que el N aplicado en aspersión foliar fue transportado a los tallos y raíces en cantidad creciente con la dosis aplicada, siendo todavía retenido en las hojas en proporción muy superior al encontrado en los tallos y en especial en las raíces.

La cantidad total de cada uno de los otros nutrientes fue igualmente mayor en las hojas que en las otras partes de la planta, pero el porcentaje de éstos con relación a la materia seca pareció reflejar en los tallos mejor el efecto de los tratamientos que en las hojas o raíces.

5. a. Por lo expuesto se sugiere que otros experimentos de invernadero con base en los resultados aquí obtenidos sean efectuados usando suelo y posteriormente seguidos de experimentación en el campo.
- b. Que se pruebe en los experimentos indicados en a) la posibilidad de utilizar el análisis químico del tallo como medida de la fertilidad del suelo y de la eficiencia de los tratamientos.
- c. Que se efectúen experimentos con el fin de determinar el ritmo de absorción de la urea en las primeras horas después de la aspersión, en diversos períodos del día, si es posible, observando el efecto de detergentes.

- d. Que se experimente con el fin de conocer la razón del apareamiento de síntomas de deficiencia de hierro en las plantas con la solución radical completa, usada, y se verifique si la aspersión con urea realmente tuvo influencia sobre la absorción, transporte y utilización del hierro.
- e. Que se investigue con el fin de observar si el método de aspersión a bajo volumen puede ser de utilidad en la aspersión de urea en cacao.

Esta investigación deberá ser iniciada por el estudio en invernadero en condiciones de poder controlarse la cantidad de urea aplicada, en la perspectiva de poder relacionarse, en forma más evidente, la necrosis foliar con la cantidad del producto aplicado en cada aspersión, lo cual es admitido como posible explicación en el presente estudio.

935. MAG. 1979. Programa de arroz (arroz, fertilización, zinc, manganeso). In MAG, Dirección General de Investigaciones Agrícolas. Evaluación 1978 y programa nacional de investigaciones agrícolas para la producción 1979. San José. p. 6 (MAG).

936. MAG. 1980. Programa de unidad de suelos (arroz, fertilización, elementos menores). In MAG, Dirección General de Investigaciones Agrícolas. Evaluación 1979 y programa nacional de investigaciones agrícolas para la producción 1980. San José. p. 116 (MAG).

937. MAG. 1981. Programa de arroz (arroz, fertilización) (MAG). In MAG, Dirección General de Investigaciones Agrícolas. Evaluación 1980 y programa nacional de investigaciones agrícolas para la producción 1981. San José. pp. 13-15.

938. MAG. 1981. Programa de arroz (arroz, fertilidad, nutrición mineral). In MAG, Dirección General de Investigaciones Agrícolas. Evaluación 1980 y programa nacional de investigaciones agrícolas para la producción 1981. San José. pp. 12-13 (MAG).

939. MAG. 1981. Departamento de fertilidad de suelos y nutrición de cultivos (arroz, fertilización, elementos menores). In MAG, Dirección General de Investigaciones Agrícolas. Evaluación 1979 y programa nacional de investigaciones agrícolas para la producción 1980. San José. p. 170 (MAG).

940. MAG. 1982. Arroz: guía para su cultivo (fertilización). San José, MAG, Dirección General de Investigaciones Agrícolas. 6 p (MAG).

941. MAG. 1982. Programa de arroz (arroz, fertilización). In MAG, Dirección General de Investigaciones Agrícolas. Evaluación 1981 y programa nacional de investigaciones agrícolas para la producción 1982. San José. pp. 10-11 (MAG).

942. MAG. 1984. Programa de investigaciones en arroz (nutrición). In MAG, Dirección General de Investigación Agrícola. Memoria anual de la investigación agrícola 1983. San José. pp. 17-18 (Suelos).

943. MATA, J. 1953. Ensayos regionales de fertilización en arroz. MAI. Boletín Técnico no. 13. 15 p (MAG).

944. MATA, J. 1955. Generalidades del cultivo del arroz en Costa Rica (fertilización). Suelo Tico 8(32):30-33 (MAG).

945. MATA, J. 1956. Abone sus arrozales y gane más dinero. San José, MAG. 6 p (Hoja Divulgativa no. 9) (MAG).

946. MESEN, R. 1974. Sinopsis del sistema chino de arroz anegado y transplantado (fertilización). San José, ITCD, Programa Misión China/ITCD/CNP/MAG. 32 p (Cajas ITCD) (MAG).

947. MURILLO, J.I. 1968. Experimento exploratorio de fertilización nitrogenada en la variedad IR-8-288-3. In MAG, Departamento de Agronomía. Informe Anual 1967. San José. p. 100.

948. MURILLO, J.I.; GONZALEZ, R. 1982. Manual de producción para arroz de secano en Costa Rica (fertilización). San José, CAFESA. 132 p.

949. PEREZ GONZALEZ, J. 1951. Ensayo de fertilización en arroz. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. 41 p (UCR-Tesis 437).

950. RAMIREZ, G. 1974. Consideraciones sobre la fertilización en arroz. San José, MAG, Departamento de Agronomía. pp. 2-5.

21
Pag 9

UCR 951. ROJAS SOLANO, J.F. 1972. Fuentes y épocas de aplicación de nitrógeno y dosis de nitrógeno y potasio en la variedad de arroz SML 359/4 (SML Temerin) en Parrita, Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, UCR, Facultad de Agronomía. 63 p (UCR-Tesis 2645).

952. ROMERO, A. 1973. Efecto de la aplicación de un fertilizante foliar sobre la producción de arroz (variedad cica-4), en el pacífico sur de Costa Rica. In Reunión Anual del PCCMCA, 19, San José, Costa Rica, 1973. Resúmenes. Costa Rica. p. 14.

953. ROMERO, C.A. 1972. Efecto residual de aplicaciones masivas del fertilizante 10-20-10 en sandía, sobre la producción de arroz en la variedad IR-8. In Reunión Anual del PCCMCA, 18, Managua, Nicaragua, 1972. Resúmenes. Nicaragua. p. 7.

UCR 954. ROMERO AGUILAR, D. 1982. Prueba comparativa de 4 líneas promisorias y la variedad de arroz CR-1117 y su respuesta a la fertilización fosfórica. Tesis Ing. Agr. San José, UCR, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 85 p.

955. SOMARRIBAS GARCIA, G. 1969. Épocas de aplicación de nitrógeno en arroz de la variedad SML 14-5 (Saburipa), bajo condiciones de anegado. Tesis Ing. Agr. San José, UCR, Facultad de Agronomía. 47 p (UCR-Tesis 2182).

956. TORRES S., V.; HERRERA CASTILLO, S. 1952. Ensayo de fertilización en arroz. Tesis Ing. Agr. San José, UCR, Facultad de Agronomía. 78 p (UCR-Tesis 492).

? 957. VALLEJOS, E.; GONZALEZ, R.; ROMERO, A. 1983. Fuentes y niveles de nitrógeno en arroz variedad CR1113 en la playa Blanca de Puerto Jiménez. In Cámara Nacional de Granos Básicos, Departamento Técnico. Informe Anual 1983. San José. pp. 75-81 (Suelos).

? 958. VALLEJOS, E.; GONZALEZ, R.; ROMERO, A. 1983. Efecto de varios niveles de potasio en presencia de dos niveles de nitrógeno en la producción de arroz en la calidad molinera de la variedad CR1113, creciendo en Sábalo de Golfito. In Cámara Nacional de Granos Básicos, Departamento Técnico. Informe Anual 1983. San José. pp. 128-131 (Suelos).

? 959. VALLEJOS, E.; GONZALEZ, R.; ROMERO, A. 1983. Niveles de potasio y de nitrógeno en arroz variedad CR1113 en Playa Blanca de Puerto Jiménez. In Cámara Nacional de Granos Básicos, Departamento Técnico. Informe Anual 1983. San José. pp. 88-94 (Suelos).

? 960. VALLEJOS, E.; GONZALEZ, R.; ROMERO, A. 1983. Efecto de fertilizar con fósforo, potasio y magnesio, sobre el rendimiento de grano de la variedad de arroz CR1113, creciendo en Sábalo, Golfito. In Cámara Nacional de Granos Básicos, Departamento Técnico. Informe Anual 1983. San José. pp. 123-127 (Suelos).

? 961. VALLEJOS, E.; GONZALEZ, R.; ROMERO, A. 1983. Efecto de varios niveles nitrogenados, empleando tres fuentes de nitrógeno, sobre la producción de arroz variedad CR1113, creciendo en Sábalo, Golfito. In Cámara Nacional de Granos Básicos, Departamento Técnico. Informe Anual 1983. San José. pp. 118-122 (Suelos).

? 962. VALLEJOS, E.; GONZALEZ, R.; ROMERO, A. 1983. Efecto de fertilizar con tres fuentes de zinc, en varias dosis y épocas de aplicación, sobre la producción de grano de la variedad de arroz CR1113, creciendo en Sábalo de Golfito (recomendaciones). In Cámara Nacional de Granos Básicos, Departamento Técnico. Informe Anual 1983. San José. pp. 137-143 (Suelos).

? 963. VALLEJOS, E.; GONZALEZ, R.; ROMERO, A. 1983. Niveles de fósforo, potasio y magnesio en arroz, variedad CR1113 en Playa Blanca de Puerto Jiménez. In Cámara Nacional de Granos Básicos, Departamento Técnico. Informe Anual 1983. San José. pp. 82-87 (Suelos).

RESUMEN

Como parte del programa de investigación en nutrición de cacao del Centro Interamericano del Cacao, Departamento de Fitotecnia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, se llevaron a cabo dos experimentos de invernadero con el fin de analizar las posibilidades del método de aspersión foliar de urea como medio de aportar nitrógeno a plantas de cacao.

Se utilizaron 456 plantitas de semilla del clon UF 668 crecidas en arena y solución nutritiva, las cuales tenían 4 meses al final de los experimentos.

Fueron distribuidas en bloques al azar con 4 repeticiones de 3 plantas cada una y se han podido analizar determinados conjuntos de tratamientos como factorial.

Se probaron:

- a. Dos concentraciones de urea en aspersión: 1.5% y 3%
- b. Dos niveles de urea en la solución radical: cero y deficiente
- c. Dos horas de aspersión: 7 a.m. y 6 p.m.
- d. Cinco frecuencias de aspersión por mes: 30, 10, 4, 2 y 1 vez
- e. Efecto de un detergente (Triton X 100) en las soluciones de aspersión.

Fueron incluidos testigos: sin urea en la solución radical, con cantidad deficiente, con cantidad suficiente y uno con cantidad deficiente en dicha solución más aspersión con detergente.

El análisis de los resultados obtenidos condujo a las siguientes conclusiones:

1. No fue posible completar las exigencias nutricionales absolutas de plantas jóvenes de cacao, con respecto al nitrógeno, con la aplicación de urea únicamente en aspersión al vástago.

2. La aspersión de urea ha complementado un aporte deficiente de nitrógeno por las raíces. Con una solución radical que contuvo aproximadamente una cuarta parte del nitrógeno de una solución considerada completa, se han obtenido plantas con crecimiento vigoroso y aparentemente completamente normales mediante la aspersión cada 7 y cada 3 días de una solución de urea al 1.5%.
3. El mejor resultado se obtuvo con la concentración de 1.5% de urea y el intervalo de 3 días para la aspersión; no se encontró diferencia significativa entre los resultados obtenidos con la aplicación en la mañana o al anochecer.
4. Las cantidades de N, P, Ca y Mg retenidas por las hojas, tallos y raíces del total absorbido pueden verse en los cuadros y gráficos presentados, así como la intensidad de los síntomas visuales de deficiencia y toxicidad. Se concluyó que el N aplicado en aspersión foliar fue transportado a los tallos y raíces en cantidad creciente con la dosis aplicada, siendo todavía retenido en las hojas en proporción muy superior al encontrado en los tallos o raíces.

La cantidad total de cada uno de los nutrientes fue igualmente mayor en las hojas que en las otras partes de la planta, pero el porcentaje de éstos con relación a la materia seca pareció reflejar mejor el efecto de los tratamientos en los tallos que en las hojas o raíces.

RESUMO

Como parte do programa de investigação sobre nutrição do cacauzeiro do Centro Interamericano do Cacau, Departamento de Fitotecnia do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, foram levados a cabo dois experimentos em estufa com o fim de analisar as possibilidades do método de aspersão foliar de ureia como meio de fornecer nitrogênio a plantas de cacau. Utilizaram-se 456 plantitas de semente do clone UF-668, crescidas em areia e solução nutritiva, as quais tinham 4 meses ao finalizarem os experimentos.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições de 3 plantas cada uma, mas foi possível analisar determinados conjuntos de tratamentos como factorial.

Foram provados:

- a. Duas concentrações de ureia em aspersão: 1.5% e 3.0%.
- b. Dois níveis de ureia na solução radical: zero e deficiente.
- c. Duas horas de aspersão: 7 a.m. e 6 p.m.
- d. Cinco frequências de aspersão por mês: 30, 10, 4, 2 e 1 vez.
- e. Efeito de um detergente (Triton X 100) nas soluções de aspersão.

Se incluíram testemunhas: sem ureia na solução radical, com deficiente quantidade, com quantidade suficiente e uma com quantidade deficiente em dita solução, mais aspersão com detergente. A análise dos resultados obtidos levou às seguintes conclusões:

1. Não foi possível completar as exigências nutricionais absolutas de plantas jovens de cacau, para o azoto, somente com aplicação de ureia em aspersão ao vástago.
2. A aspersão de ureia pode complementar um aporte deficiente de nitrogênio pelas raízes. Com uma solução radical contendo aproximadamente uma quarta parte do azoto de uma solução considerada completa se obtiveram plantas com crescimento vigoroso, aparentemente

completamente normal mediante a aspersão cada 7 e cada 3 dias de uma solução de ureia a 1.5%.

3. O melhor resultado foi obtido com a concentração de ureia de 1.5% e o intervalo de 3 dias para a aspersão, não se havendo encontrado diferença significativa entre os resultados obtidos com a aplicação na manhã ou ao anoitecer.
4. As quantidades de N, P, K, Ca e Mg retidas pelas folhas, caules e raízes, do total absorvido, podem ver-se nos quadros e gráficos apresentados, assim como a intensidade dos sintomas visuais de deficiência e toxicidade. Se concluiu que o N aplicado em aspersão foliar foi translocado aos caules e raízes em quantidade crescente com a dose aplicada, sendo todavia retido nas folhas em proporção muito superior ao encontrado nos caules e, em especial, nas raízes. A quantidade total de cada um dos outros nutrientes foi igualmente maior nas folhas que nas outras partes da planta, mas a percentagem de estes com relação à matéria seca pareceu reflectir melhor o efeito dos tratamentos nos caules que nas raízes e folhas.

SUMMARY

As part of the nutritional investigation program of the Inter-American Cocoa Center, Plant Industry Department of the Inter-American Institute of Agricultural Sciences, two greenhouse experiments have been carried out in order to analyze the possibilities of a spraying method with urea as a mean of supplying nitrogen to cocoa plants.

Four hundred fifty six seedlings of UF-668 clone were used, growing in sand and water solutions. They were four months old at the end of the experiments.

They were distributed in randomized blocks, with 4 replications containing three plants each and we did analyze certain groups of treatments as factorial.

The treatments were:

- a. Two concentrations of urea sprays: 1.5% and 3.0%.
- b. Two levels of urea in the root solution: none and deficient.
- c. Two different times of spray application: 7 a.m. and 6 p.m.
- d. Five spray frequencies per month: 30, 10, 4, 2 and 1 time.
- e. The effect of one detergent (Triton X 100) in the spray solutions.

The controls were: root solution without urea, with a deficient amount, sufficient amount and deficient amount with additional spray with detergent on foliage.

Statistical analysis of the results gave the following:

1. It was impossible to meet the nutritional requirements of cocoa seedlings for nitrogen only by spraying urea on the foliage.
2. Urea sprays can complete a deficient amount of nitrogen supplied through the roots. With a nutrient solution containing about 1/4 of the nitrogen of a considered complete solution, we have obtained

vigorous and apparently completely normal growth, spraying 1.5% urea solutions every seventh or third day.

3. The best result was obtained with a spray having a concentration of 1.5% urea and three days between applications. No significant difference was found between morning and afternoon treatments.
4. The fractions of N, P, K, Ca and Mg in the leaves, stems and roots of the total absorbed, can be seen on the tables and graphs, also the intensity of the visual symptoms of deficiency and toxicity. It was concluded that the N applied in the sprays was translocated to the stems and roots in direct proportion to the applied dose, but was retained in the leaves in greater amount than in the stems or roots.

The total amount of each of the other elements was similarly greater in the leaves than in the other parts of the plant, but the percentage in the dry matter seems to have reflected better the effects of treatments in the stems than in the leaves or roots.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P. DE T. Nutritional studies and cultural practices. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1955. (tippewritten). 2 p.
2. _____ Efecto de atomizaciones con ácido giberélico, urea y azúcar, sobre la asimilación neta y el hábito de crecimiento del frijol. Turrialba 7(4):100-103. 1957.
3. ASEN, S., WITWER, S. H. & TEUBNER, F. G. Factors affecting the accumulation of foliar-applied phosphorus in roots of Chrysanthemum morifolium. American Society for Horticultural Science. Proceedings 64:417-422. 1954.
4. ASKEW, H. O. & CHITTENDEN, E. Effect of borax sprays on the boron status of fruit and incidence of "internal cork" in apples. III. Journal of Pomology and Horticultural Science 14(3):242-245. 1936.
5. BAR-AKIVA, A. & HEWITT, E. J. The effects of tridobenzoic acid and urea on the response of chlorotic lemon (Citrus limonia) trees to foliar application of iron compounds. Plant Physiology 34(6):641-642. 1959.
6. BARRIER, G. E. & LOOMIS, W. E. Absorption and translocation of 2-4-Dichlorophenoxyacetic acid and P³² by leaves. Plant Physiology 32(3):225-231. 1957.
7. BHAN, K. C., WALLACE, A. & LUNT, O. R. Some mineral losses from leaves by leaching. American Society for Horticultural Science. Proceedings 73:289-293. 1959.
8. BIDDULPH, O. The distribution of P, S, Ca and Fe in bean plants as revealed by use of radioactive isotopes. In LUNDEGÅRDH, H., Ed. Analyse des plantes et problèmes des engrais minéraux. Paris, Institut de Recherches pour les Huiles et les Oléagineux, 1954. pp. 7-17.
9. _____, CORY, R. & BIDDULPH, S. Translocation of calcium in bean plant. Plant Physiology 34(5):512-519. 1959.
10. BIDDULPH, S. F. Visual indications of S³⁵ and P³² translocation in the phloem. American Journal of Botany 43(2):143-148. 1956.
11. BOYNTON, D. Nutrition by foliar application. Annual Review of Plant Physiology 5:31-54. 1954.
12. _____ & OTHERS. Response of McIntosh apple orchards to varying nitrogen fertilization and weather. New York (Cornell) Agricultural Experiment Station, Memoir 290. 1950. 35 p.
13. _____, CAIN, J. C. & VAN GELLUWE, J. Incipient magnesium deficiency in some New York apple orchards. American Society for Horticultural Science. Proceedings 42:95-100. 1943.

14. BOYNTON, D. & ERICKSON, A. A response of seedling cacao trees under nursery conditions to magnesium and calcium. American Society for Horticultural Science. Proceedings 64:15-20. 1954.
15. _____, MARGOLIS, D. & GROSS, C. R. Exploratory studies on nitrogen metabolism by McIntosh apple leaves sprayed with urea. American Society for Horticultural Science. Proceedings 62:135-146. 1953.
16. BROOKS, E. R. Vegetative anatomy of Theobroma cacao L. M.S. Thesis, Lafayette, Indiana, Purdue University, 1950. 49 p.
17. BUKOVAC, M. J. & WITTWER, S. H. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. Plant Physiology 32(5):428-435. 1957.
18. BURR, G. O. & OTROS. Uso de isótopos radiactivos en las plantaciones de caña de azúcar de Hawaii. En Conferencia Internacional sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos, Ginebra, 1955. Actas. Nueva York, Naciones Unidas, 1956. Vol. 12, pp. 202-209.
19. BURRELL, A. B. & BOYNTON, D. Response of apple trees to potash in the Champlain valley. III. American Society for Horticultural Science. Proceedings 42:61-64. 1943.
20. _____, CAIN, J. C. & BRINKERHOFF, L. A. Response of apple trees to potash in Champlain valley. II. A third-year growth response and first-year reduction in leaf scorch. American Society for Horticultural Science. Proceedings 40:8-12. 1942.
21. CABRERA, J. C. Mezclas entre fungicidas, fertilizantes y fitohormonas en aspersiones sobre árboles de cacao. Acta Agronómica (Colombia) 3(4):229-250. 1953.
22. CAIN, J. C. Absorption and metabolism of urea by leaves of coffee, cacao and banana. American Society for Horticultural Science. Proceedings 67:279-286. 1956.
23. CAMACHO, E. V. A nutritional study of hevea rubber seedlings. M.A. Thesis. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1954. 49 p.
24. CAMP, A. F. & FUDGE, B. R. Some symptoms of citrus malnutrition in Florida. Florida Agricultural Experiment Station, Bulletin 335. 1939. 55 p.
25. COOK, J. A. Field trials with foliar sprays of Zn-EDTA to control zinc deficiency in California vineyards. American Society for Horticultural Science. Proceedings 72:158-164. 1958.
26. _____ & BOYNTON, D. Some factors affecting the absorption of urea by McIntosh apple leaves. American Society for Horticultural Science. Proceedings 59:82-90. 1952.
27. CRAFTS, A. B. Sulfuric acid as a penetrating agent in arsenical sprays for weed control. Hilgardia 8(4):125-147. 1933.

28. CRAFTS, A. S. Weed control: applied botany. American Journal of Botany 43(7):548-556. 1956.
29. CUNNINGHAM, R. K. A review of the use of shade and fertilizer in the culture of cocoa. West Africa Cocoa Research Institute, Technical Bulletin 6. 1959. 15 p.
30. DICKEY, R. O., DROSDOFF, M. & HAMILTON, J. Copper deficiency of tung in Florida. Florida Agricultural Experiment Station, Bulletin 447. 1948. 32 p.
31. DROSDOFF, M. & OTHERS. Toxic effects of urea fertilizer on mature tung trees. American Society for Horticultural Science. Proceedings 68:201-203. 1956.
32. EGGERT, R. & KARDOS, L. T. Further results on the absorption of phosphorus by apple trees. American Society for Horticultural Science. Proceedings 64:47-51. 1954.
33. EMBLETON, T. W. & JONES, W. W. Magnesium nitrate (leaf analyses showed foliage sprays corrected deficiency in Valencia oranges). California Agriculture 13(11):4-5. 1959.
34. EMMERT, E. M. & KLINKER, E. J. Spraying tomato foliage with sucrose to increase carbohydrates and protect against injury by urea sprays. Kentucky Agricultural Experiment Station, Bulletin 550. 1950. 4 p.
35. EVANS, H. & MURRAY, D. B. A shade and fertilizer experiment on young cacao, Progress report. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1945-1951. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 67-78.
36. FISHER, E. G. The principles underlying foliage applications of urea for nitrogen fertilization of the McIntosh apple. American Society for Horticultural Science. Proceedings 59:91-98. 1952.
37. _____, BOYNTON, D. & SKODVIN, K. Nitrogen fertilization of the McIntosh apple with leaf sprays of urea. American Society for Horticultural Science. Proceedings 51:23-32. 1948.
38. _____ & COOK, J. A. Nitrogen fertilization of the McIntosh apple with leaf sprays of urea. II. American Society for Horticultural Science. Proceedings 55:35-40. 1950.
39. _____ & WALKER, D. R. The apparent absorption of phosphorus and magnesium from sprays applied to the lower surface of McIntosh apple leaves. American Society for Horticultural Science. Proceedings 65:17-24. 1955.
40. FLEMING, H. K. & ALDERFER, R. B. The effects of urea and oil-wax emulsions sprays on the performance of the Concord grapevine under cultivation and in Ladino clover sod. American Society for Horticultural Science. Proceedings 54:171-176. 1949.

41. FREIBERG, S. R. & PAYNE, P. Foliar absorption of urea and urease activity in banana plants. American Society for Horticultural Science. Proceedings 69:226-234. 1957.
42. FUDGE, B. R. Dieback of citrus. In Florida Agricultural Experiment Station. Annual Report, 1934. Gainesville, Florida, 1935. pp. 81-82.
43. _____ Dieback of citrus. In Florida Agricultural Experiment Station. Annual Report, 1935. Gainesville, Florida, 1936. p. 97.
44. GREENHAM, D. W. P. & WHITE, G. C. The control of magnesium deficiency in Dwarf Pyramid apples. Journal of Horticultural Science 34(4):238-247. 1959.
45. GUEST, P. L. & CHAPMAN, H. D. Investigations on the use of iron sprays, dusts, and soil applications to control iron chlorosis of citrus. American Society for Horticultural Science. Proceedings 54:11-21. 1949.
46. GUSTAFSON, F. G. Comparative absorption of cobalt-60 by upper and lower epidermis of leaves. Plant Physiology 32(2):141-142. 1957.
47. HAMILTON, J. M., PALMITER, D. H. & ANDERSON, L. C. Preliminary tests with uramon in foliage sprays as a means of regulating nitrogen supply of apples trees. American Society for Horticultural Science. Proceedings 42:123-126. 1943.
48. HARDY, F. Manurial experiments on cacao in Trinidad (1932-36). In Imperial College of Tropical Agriculture. Sixth annual report on cacao research, 1936. Port of Spain, Trinidad, 1937. pp. 24-34.
49. _____ Manurial experiments on cacao in Trinidad: summary of results for 1937. In Imperial College of Tropical Agriculture. Seventh annual report on cacao research, 1937. Port of Spain, Trinidad, 1938. pp. 40-46.
50. _____ Manurial experiments in Trinidad: summary of results for 1938 (with an introductory, indicating the general applicability of some of the findings and conclusions). In Imperial College of Tropical Agriculture. Eighth annual report on cacao research, 1938. Port of Spain, Trinidad, 1939. pp. 27-34.
51. HARLEY, C. P., REGEIMBAL, L. O. & MOON, H. H. Absorption of nutrient salts by bark and woody tissues of apple and subsequent translocation. American Society for Horticultural Science. Proceedings 67:47-57. 1956.
52. HAVORD, G. Manurial and cultural experiments on cacao (River Estate, Trinidad). In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1945-51. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 104-108.
53. _____ Nitrogen fertilization of old unshaded cacao with spray and soil applications of urea. In Inter-American Institute of Agricultural Sciences, Cacao Center. Annual report, 1957. Turrialba, Costa Rica, 1958. pp. 5-6.

54. HAVORD, G. Notes on soil investigations in progress. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1952. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 52-53.
55. _____, MALIPHANT, G. K. & COPE, F. W. Manurial and cultural experiments on cacao. Part III. (River Estate and Centeno, Trinidad). In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1953. St. Augustine, Trinidad, 1954. pp. 80-87.
56. _____, MALIPHANT, G. K. & COPE, F. W. Manurial and cultural experiments on cacao. Part IV. (The effects of fertilizers, shade and spacing on flowering, fruit-set and cherville-wilt). In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1954. St. Augustine, Trinidad, 1955. pp. 58-64.
57. _____, MALIPHANT, G. K. & COPE, F. W. Manurial and cultural experiments on cacao. Part V. (River Estate, Trinidad). In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1954. St. Augustine, Trinidad, 1955. pp. 65-68.
58. HEWITT, E. J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Great Britain Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, Technical Communication N^o 22. 1952. 241 p.
59. HILTON, R. J. & SHAW, D. A. Leaf feeding of determinate tomato plants. I. The influences of environment. Canadian Journal of Agricultural Science 36(1):27-35. 1956.
60. HINSVARK, D. N., WITTEWER, S. H. & TUKEY, H. B. The metabolism of foliar applied urea. I. Relative rates of $C^{14}O_2$ production by certain vegetable plants treated with labeled urea. Plant Physiology 28(1):70-76. 1953.
61. JARAMILLO, R. A. La urea y el marchitamiento de frutos jóvenes. (Nota preliminar). Cacao en Colombia 1:101-106. 1952.
62. JOHNSON, M. O. Manganese chlorosis of pineapples: its cause and control. Hawaii Agricultural Experiment Station, Bulletin 52. 1924. 38 p.
63. KESSLER, B. & MOSCICKI, Z. W. Effect of triiodobenzoic acid and maleic hydrazide upon the transport of foliar applied calcium and iron. Plant Physiology 33(1):70-72. 1958.
64. KOONTZ, H. & BIDDULPH, O. Factors affecting absorption and translocation of foliar applied phosphorus. Plant Physiology 32(5):463-470. 1957.
65. KUYKENDALL, J. R. & WALLACE, A. Urea nitrogen as foliar spray (application to citrus studied for effects on plant growth, leaf burn, root activity and fruit quality). California Agriculture 7(3):6. 1953.
66. _____ & WALLACE, A. Absorption and hidrolysis of urea by detached citrus leaves immersed in urea solutions. American Society for Horticultural Science. Proceedings 64:117-127. 1954.
67. LONG, W. G., SWEET, D. V. & TUKEY, H. B. The loss of nutrients by leaching of the foliage. Michigan Agricultural Experiment Station, Quarterly Bulletin 38(4):528-532. 1956.

68. MACHICADO, M. P. Diagnóstico de deficiencias minerales en cacao por síntomas visuales, ensayos en invernadero e inyecciones en el tronco. Tesis para el grado de Magister Agriculturae. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. 81 p.
69. _____ Información relativa al uso de aspersiones de urea en cacao. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1958. (Comunicación personal).
70. _____ & HAVORD, G. La nutrición mineral del cacao. En Conferencia Interamericana de Cacao, 7a., Palmira, Colombia, julio 12-19, 1958. Doc. 44 (suelos). (En preparación).
71. MACK, G. L. & SHAULIS, N. J. Nutritional sprays on grapes. *Phytopathology* 37:14-15. 1947.
72. MADERO, A. B. Un nuevo sistema de abonamiento en el cultivo del cacao. *Cacao en Colombia* 2:77-89. 1953.
73. MALAVOLTA, E., ARZOLLA, J. D. P. & HAAG, H. P. Absorption of urea by coffee leaves under field conditions. *Plant Physiology* 32 (supplement):XIV. 1957.
74. _____ & COURY, T. Nota sobre a aplicação de ureia em pulverização no cafeeiro. Superintendência dos Serviços do Café, *Boletim* 32(362):14-15. 1957.
75. MANJARRES, E. C. Influencia de las aspersiones foliares con fertilizantes sobre la frutificación del cacao. *Cacao en Colombia* 2:167-182. 1953.
76. McDONALD, J. A. Manurial experiments on cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture. Fifth annual report on cacao research, 1935. Port of Spain, Trinidad, 1936. pp. 34-43.
77. MEDERSKI, H. J. & HOFF, D. J. Factors affecting absorption of foliar-applied manganese by soybean plants. *Agronomy Journal* 50(4):175-178. 1958.
78. MILLER, R. M. Absorción de agua por la hoja de cacao; nota preliminar. *Cacao en Colombia* 5:85-87. 1956.
79. MITSUI, S. Estudios sobre la nutrición de las plantas, fertilizantes y suelos por medio de radioisótopos. En Conferencia Internacional sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos, Ginebra, 1955. Actas. Nueva York, Naciones Unidas, 1956. Vol. 12, pp. 98-99.
80. MONTELARO, J., HALL, C. B. & JAMISON, F. S. Reduction of urea injury to tomato foliage by addition of magnesium sulfate to the spray solution. American Society for Horticultural Science. *Proceedings* 60:286-288. 1952.
81. _____, HALL, C. B. & JAMISON, F. S. Effect of magnesium sulfate on the rate of absorption of urea by tomato leaves. American Society for Horticultural Science. *Proceedings* 62:363-366. 1953.

82. MOSQUERA, E. C. Aspersión combinada nutritiva, fungicida y hormonal en cacaotales. *Cacao en Colombia* 3:107-112. 1954.
83. MURRAY, D. B. A shade and fertilizer experiment with cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1952. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 11-12.
84. _____ A shade and fertilizer experiment with cacao. III. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1953. St. Augustine, Trinidad, 1954. pp. 30-38.
85. NAUNDORF, G. Aplicaciones de fertilizantes en forma de aspersiones foliares al cacao. En Conferencia Interamericana de Cacao, 5a., Turrialba, Costa Rica, 1954. Trabajos presentados. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. Vol. 2, Sec. "Fisiología", Doc. 12. 3 p.
86. NAVARRETE, C. S. Resultados preliminares sobre los efectos de algunas sustancias químicas en el marchitamiento de los frutos y crecimiento del cacaotero. En Conferencia Interamericana de Cacao, 7a., Palmira, Colombia, 1958. Doc. 29. (En preparación).
87. NUTRIENT uptake by cacao in water culture. West Africa Cocoa Research Institute, Quarterly Progress Report 45. 1957. p. 21.
88. OLAND, K., & OPLAND, T. B. Uptake of magnesium by apple leaves. *Physiologia Plantarum* 9:401-411. 1956.
89. OPPENFELD, H. VON & OTHERS. Cost and effectiveness of different insect and disease control practices in New York apple orchards. New York (Cornell) Agricultural Experiment Station, Bulletin 886. 1952. 75 p.
90. ORGELL, W. H. The isolation of plant cuticle with pectic enzymes. *Plant Physiology* 30(1):78-80. 1955.
91. PARKER, E. R. Experiments on the treatment of mottle-leaf of citrus trees. American Society for Horticultural Science. Proceedings 31:98-107. 1934.
92. _____ Experiments on the treatment of mottle-leaf of citrus trees. II. American Society for Horticultural Science. Proceedings 33:82-86. 1936.
93. _____ Experiments on the treatment of mottle-leaf of citrus trees. IV. American Society for Horticultural Science. Proceedings 35:217-226. 1938.
94. _____ & SOUTHWICK, R. W. Manganese deficiency in citrus. American Society for Horticultural Science. Proceedings 39:51-58. 1941.
95. POT experiment on seedlings. (Upper Amazon). West Africa Cocoa Research Institute, Quarterly Progress Report 45. 1957. pp. 23-24.

96. POUNO, F. J. & VERTEUIL, J. DE. Studies of fruitfulness in cacao. IV. An experiment designed to test the gross effects of application of nitrogen, potassium and phosphorus in cacao tree. In Imperial College of Tropical Agriculture. Third annual report on cacao research, 1933. Port of Spain, Trinidad, 1934. pp. 28-30.
97. PROEBSTING, E. L. Nitrogen sprays (tests reported with fertilizer containing 44% organic nitrogen). California Agriculture 5(3):12. 1951.
98. _____ Tree nutrient sprays (results of foliar sprays to supplement deficiencies affected by fruit variety). California Agriculture 11(3):10. 1957.
99. ROBERTS, E. A., SOUTHWICK, M. D. & PALMITER, D. H. A microchemical examination of McIntosh apple leaves showing relationship of cell wall constituents to penetration of spray solutions. Plant Physiology 23(4):557-559. 1948.
100. SAMISH, R. M. A contribution to the knowledge of lime induced chlorosis in grape vines. In LUNDEGÅRDH, H., Ed. Analyse des plantes et problèmes des engrais minéraux. Paris, Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, 1954. pp. 156-165.
101. SANFORD, W. G. & OTHERS. Toxicity to pineapple plants of biuret found in urea fertilizers from different sources. Science 120:349-350. 1954.
102. SCOTT, F. M. Internal suberization of tissues. Botanical Gazette III(4):378-394. 1950.
103. SCOTT, L. E. & SCOTT, D. H. Response of grapes vines to soil and spray applications of magnesium sulfate. American Society for Horticultural Science. Proceedings 57:53-58. 1951.
104. _____ & SCOTT, D. H. Further observations on the response of grape vines to soil and spray applications of magnesium sulfate. American Society for Horticultural Science. Proceedings 60:117-122. 1952.
105. SHAW, D. A. & HILTON, R. J. Leaf feeding of determinate tomato plants. II. Effects of urea and sucrose sprays under field conditions. Canadian Journal of Agricultural Science 36(5):401-407. 1956.
106. SILBERSTEIN, O. & WITWER, S. H. Foliar application of phosphatic nutrients to vegetable crops. American Society for Horticultural Science. Proceedings 58:179-190. 1951.
107. SILLER, L. R. Efecto de la urea, del zinc y del caldo bordelés en aspersiones foliares en cacao. En Conferencia Interamericana de Cacao, 7a., Palmira, Colombia, julio 13-19. 1958. Doc. 50 (Patología) (En preparación).
108. SKOSS, J. D. Structure and composition of plant cuticle in relation to environmental factors and permeability. Botanical Gazette 117(1):55-72. 1955.

109. SORIA, J. Información relativa al uso de aspersiones de urea en cacao. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1959. (Comunicación personal).
110. STEWART, J. & LEONARD, C. D. Molybdenum deficiency in Florida citrus. *Nature* 170:714-715. 1952.
111. _____ & LEONARD, D. C. Studies of chelated plant nutrients with radioactive isotopes. In A Conference on Radioactive Isotopes in Agriculture, East Lansing, Michigan, Jan. 12-14, 1956. Washington, D. C., U.S. Government Printing Office, 1957? pp. 245-251. (U.S. Atomic Energy Commission Report TID-7512).
112. SWANSON, C. A. & WHITNEY, JR. Studies on the translocation of foliar-applied P³² and other radioisotopes in bean plants. *American Journal of Botany* 40(10):816-823. 1953.
113. TEUBNER, F. G. & OTHERS. Some factors affecting absorption and transport of foliar-applied nutrients as revealed by radioactive isotopes. Michigan Agricultural Experiment Station, Quarterly Bulletin 39(3):398-415. 1957.
114. THORNE, G. N. Factors affecting uptake of radioactive phosphorus by leaves and its translocation to other parts of the plant. *Annals of Botany* 22(87):381-398. 1958.
115. TOLLENAAR, D. Información relativa al uso de aspersiones de urea en cacao. Hacienda Clementina, Ecuador, 1960. (Comunicación personal).
116. TUKEY, H. B. The uptake of nutrients by leaves and branches of fruit trees. In Report of Thirteenth International Horticultural Congress (1952). London, The Royal Horticultural Society, 1953. pp. 297-306.
117. _____, TICKNOR, R. L., HINSVARK, O. N. & WITTEBER, S. H. Absorption of nutrients by stems and branches of woody plants. *Science* 116:167-168. 1952.
118. TURRELL, F. M. Citrus leaf stomata: structure, composition and pore size in relation to penetration of liquids. *Botanical Gazette* 108(4):476-483. 1947.
119. USE of urea for root and non-root feeding of coffee. *Indian Coffee* 20(2):32-33. 1956.
120. VAN OVERBEEK, J. Absorption and translocation of plant regulators. *Annual Review of Plant Physiology* 7:355-372. 1956.
121. VENKATARAMANI, K. S. Aplicación de abonos sobre las hojas en el cultivo del té. *Fertilité* 1:17-21. 1957.
122. VOLK, G. M. Florida's contributions to agronomic development in Central America. 1. Soils Research in Costa Rica. Soil and Crop Science Society of Florida. Proceedings 18:22-30. 1958.