

EFFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE
NITROGENO SOBRE EL MAIZ

Por

Milton Oliva Saberío

TESIS

Presentada a la consideración del Honorable
Tribunal Examinador, como requisito parcial
para obtener el Título de:

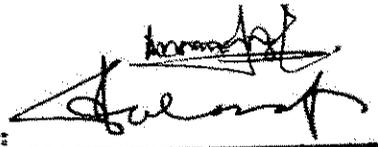
INGENIERO AGRONOMO

Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería

Managua, Nicaragua, C.A.

1967

Aprobado: _____



Fecha: _____

27 ABR 1967

DEDICATORIA

A MI PADRE:

Vicente Oliva P.

A MI MADRE:

Ermelinda Sabarío de Oliva

A MIS HERMANOS:

Rosario

Ena

Hugo

Eddys

Danelia

Mabel

Chepita

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece sinceramente la valiosa cooperación del Ing. Angel Salazar B., en la realización de esta Tesis.

Agradece también al Centro Experimental Agropecuario La Calera por haber facilitado el terreno y labores para llevar a feliz término el experimento.

Así mismo a todos sus profesores por haber contribuido a su formación profesional.

I N D I C E

	Página
Introducción.....	1
Definición de Problemas y Objetivos.....	2
Literatura Revisada.....	3
Materiales y Métodos.....	11
Resultados.....	16
Conclusiones.....	22
Cuadros.....	23
Resumen.....	29
Bibliografía.....	31

INTRODUCCION

Es un hecho de sobra conocido la importancia de los elementos: nitrógeno, fósforo y potasio en la agricultura. También sabemos que la mayoría de los suelos cultivados de Nicaragua son de origen volcánico, ricos en potasio y pobres en nitrógeno y fósforo. De estos dos últimos elementos, se ha observado que el más escaso en los suelos y de mayor importancia para la obtención de cosechas es el nitrógeno.

Ya se han hecho en el país numerosos estudios para determinar la cantidad de nitrógeno que debe aplicarse a determinados suelos. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) determinó después de numerosos ensayos que para el maíz se necesitan aplicar de 50 a 100 libras de nitrógeno por manzana.

Conociendo la cantidad óptima de nitrógeno para el maíz, grano básico en la alimentación humana y animal, es interesante conocer cual es la fuente de nitrógeno más apropiada o conveniente para ser usada en la producción de maíz en las condiciones de clima y suelo de Nicaragua.

Actualmente se encuentran en el mercado varias formas de fertilizantes nitrogenados y cada distribuidor alega a favor de la fuente que distribuye la mejor calidad. Sin embargo, es posible que no todas las fuentes de nitrógeno tengan las mismas ventajas y por ello se creyó necesario hacer un estudio para probar si las fuentes de nitrógeno disponibles en el país se comportan igual o si existe alguna fuente superior.

Aquí se presentan los resultados de un ensayo en el que se probó el efecto de cinco diferentes fuentes de nitrógeno sobre varios caracteres de un maíz híbrido, sembrado en la época de "primera" (invierno) de 1966, en la Estación Experimental Agropecuaria "La Calera".

DEFINICION DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

Existe en Nicaragua y en toda el area Centroamericana marcada deficiencia en granos, especialmente en maíz.

De sobra conocida es la importancia nutritiva de dicho grano; por lo tanto, es una necesidad fomentar la producción de maíz ya sea mediante el incremento de sus areas de cultivo o mediante el incremento de la productividad, que es aún más importante, porque la productividad está en función de la variedad sembrada, condiciones climáticas y suelo.

Entre los factores que el hombre puede modificar á favor suyo está la fertilidad del suelo ya que le puede proporcionar un buen nivel de fertilidad por medio de prácticas agronómicas.

Existe suficiente información para afirmar que el elemento que más falta en los terrenos de cultivo de maíz en Nicaragua es el nitrógeno y se sabe cuales son las cantidades óptimas a aplicar, pero no se sabe todavía cual es la mejor forma de nitrógeno para el cultivo del maíz en las condiciones de clima y suelo de Nicaragua.

El presente trabajo lleno ese vacío ya que resume los resultados de un ensayo con diferentes fuentes de nitrógeno realizado en las condiciones de La Calera y los datos obtenidos en ensayos similares en La Calera en 1954 y 1955 y en Chinandega en 1956.

Los resultados que se obtengan en este trabajo servirán para orientar á los interesados en cual es la fuente de nitrógeno que debe usar por su mayor eficiencia y por su rendimiento económico.

LITERATURA REVISADA

El nitrógeno, se considera elemento de gran importancia en la alimentación de las plantas porque forma parte de numerosos componentes de éstas -- constituyendo del 2 al 4% de su peso seco. (16) (20).

Es considerado este elemento factor importante en el crecimiento por cuanto forma parte del protoplasma celular; así una deficiencia de nitrógeno resulta en células pequeñas con menor contenido de protoplasma y una pared gruesa, lignificada, y la planta presenta síntomas de crecimiento lento y difícil. (13).

Como la clorofila se compone en parte de nitrógeno, el color verde de las hojas se torna amarillo pálido si hay deficiencia de él (13) (16) (20). De la misma deficiencia de nitrógeno se deriva una baja en la producción de celulosa, azúcares, fécula y grasas dentro de la planta. (20).

Las únicas formas de nitrógeno asimilables por las raíces son: el nitrato y el amonio. (19).

Bajo determinadas condiciones el nitrógeno atmosférico, se transforma en nitrato cuando se combina con el oxígeno pero si ese nitrógeno se combina con Hidrógeno entonces se convierte en amonio. (13) (20).

El nitrógeno es elemento que se mantiene en circulación durante el proceso de reproducción y muerte de microbios, plantas y animales, pues los residuos de plantas y animales son disociados por organismos inferiores formando "humus", amonio y nitrato. (16) (20).

La materia orgánica se descompone rápidamente en suelos bien aireados con abundancia de calor, humedad y oxígeno; por eso en suelos tropicales -- la destrucción de materia orgánica da como producto final nitrato y solamente cuando hay poco oxígeno, como en caso de un terreno inundado, el producto final será amonio. (13) (20).

El hombre se vale de múltiples fuentes de nitrógeno para proporcionar el elemento que más escasea en los suelos de cultivo.

Estas fuentes pueden ser:

Orgánicas naturales

1. Subproducto de animales.

- a) Sangre seca.
- b) Harina de huesos.
- c) Residuos de pescado.
- d) "Tankage".

2. Excremento de animales.

- e) Gusanos.
- f) Lodos activados.
- g) Estiércoles.

3. Residuos de plantas: algodón, soya, higuera, coco.

Químicas Naturales:

- h) Nitrato de sodio chileno.
- i) Nitrato de sodio y potasio chileno.
- j) Amonio que viene del carbón.

Sintéticas como:

Sulfato de Amonio

Nitrato de Amonio

Nitrato de Sodio

Urea, etc. (13).

Trabajos con Fertilizantes Nitrogenados en Nicaragua:

Meza Silva, L.R. (15) en 1966, realizó un ensayo con diferentes niveles de nitrógeno para saber el nivel óptimo del nitrógeno, recomendable en los suelos de La Calera. Encontró que niveles superiores a 150 libras de nitrógeno por manzana no afectan caracteres importantes del maíz.

Los resultados de Meza están de acuerdo con otros ensayos de niveles de nitrógeno realizados en Nicaragua, ya que en ninguno de éstos se contradice que los niveles de 100 y 150 libras de nitrógeno por manzana son los que con más frecuencia proporcionan respuesta positiva de rendimiento. (3) (18).

Ensayos con fuentes de Nitrógeno en Nicaragua:

En Nicaragua se han realizado tres ensayos con diferentes fuentes de nitrógeno en el período de 1954-1956 en la Estación Experimental de La Calera y en Chinandega (18).

En 1954 (2) se realizó un ensayo en "La Calera" para probar el efecto de: Urea, Sulfato de Amonio y Nitrato de Sodio en el maíz. Se usó las variedades Cuba M-11, PD(MS)6 y Venezuela 3 aplicándoles la cantidad de 100 libras de nitrógeno por manzana, de las fuentes mencionadas. Con la Urea las tres variedades de maíz rindieron en promedio 20.11 toneladas de forraje y 61.65 quintales de grano por manzana y las plantas alcanzaron una altura de 2.68 mts. Con el Sulfato de Amonio la altura promedio de las tres variedades fue de 2.68 mts; y el rendimiento de forraje 20.99 toneladas y de grano fué 62.20 qq/Mz. Con el nitrato de Sodio la altura de plantas fué 2.60 mts; forraje 20.92 toneladas y grano 59.24 quintales/Mz. Esos resultados indicaron que no se deben esperar diferencias apreciables de rendimiento debido a la aplicación de una misma cantidad de nitrógeno derivado de las fuentes distintas que se probaron en el ensayo (2) (17).

Otro ensayo con fuentes de nitrógeno, se realizó en La Calera en 1955 (3) pero esta vez fué en algodón. El mayor rendimiento se obtuvo con Urea y en orden descendente la siguió el Sulfato de Amonio, la mezcla de 2,3,5, partes de nitrógeno en forma de nitrato, amonio y Urea respectivamente, y por último el nitrato de Sodio.

En 1956 se realizó el tercer ensayo en Chinandega y se encontró igual aumento de rendimiento de grano en maíz, con 100 libras de nitrógeno proveniente de: Nitrato de Sodio (Salitre Chileno), Sulfato de Amonio, Urea y Nitrato de Amonio. (18).

Ensayos con fuentes de Nitrógeno fuera de Nicaragua:

En México y Centro América, se ha dado poca importancia al estudio de las fuentes de nitrógeno. Este hecho se basa, dice Laird (12), en las investigaciones de otros países que están de acuerdo en que las diferentes fuentes de nitrógeno son más o menos equivalentes en lo que respecta a la eficiencia de nitrógeno en el rendimiento de maíz.

El nitrato y el amonio afectan de diferente modo el crecimiento del maíz, ya que la acumulación de la materia seca en las raíces y la parte alta de la planta es más grande cuando el nitrógeno es suplido por el nitrato que cuando el nitrógeno procede del amonio, pero a nivel más bajo de nitrógeno aplicado, las diferencias son muy pequeñas. (5).

Los efectos del cloruro de amonio. Sulfato de Amonio y Nitrato de Amonio sobre el rendimiento del maíz, el pH y contenido de cloro del suelo fueron determinados en un experimento de campo en 1959 en la Universidad del Estado de Pensylvania (14). Los rendimientos no aumentaron ni disminuyeron por el cloruro de amonio u otras fuentes de nitrógeno en aplicaciones equivalentes de 50, 100 ó 200 Libras de nitrógeno por acre. El pH del terreno disminuyó menos por el cloruro de amonio que por el equivalente de sulfato de amonio. (12) (14).

En Ohio, EE.UU. (10) se comparó aplicaciones de Urea en primavera y Otoño; cuando se aplicó la Urea en otoño una porción de nitrógeno se perdió durante los meses de invierno, pero esa pérdida fue menor cuando se aplicó en primavera.

Según Hoff, D. J. (10) el nitrógeno aplicado se pierde probablemente de varias maneras dependiendo de tiempo de aplicación, condiciones climáticas y extensión de lixiviación.

La Urea se comporta similarmente a otros fertilizantes amonio-nitrogenados cuando son aplicados en el otoño de los EE.UU. dice Jones, J. (10).

Rosenan, W.A. (9) y otros investigadores encontraron que semillas de maíz mojadas por 12 horas en una solución de Urea o de Sulfato de Amonio germinaron y las plántulas crecieron normalmente. En cambio remojándolas con Hidróxido de amonio se detuvo la germinación de muchas semillas pero - las que lograron germinar produjeron plantas normales.

El gas amoníaco inhibe la germinación y afecta el desarrollo de las plántulas. (9). Efectos similares se notan cuando el maíz se siembra en - suelo saturado con ion amonio al 32% ó más. (9).

Enrst, J.W. (8) en 1958 hizo estudios de fertilización con Urea en maíz y reveló que el biureto, con excepción de concentraciones altas no - reduce la germinación pero interfiere en el desarrollo de las plántulas - después de la germinación. En contraste, el amonio o amoníaco reduce la germinación pero tiene poco efecto en el crecimiento del maíz en las semi - llas que germinan.

El daño de la semilla por amoníaco librado por la Urea, depende de - la actividad hidrolítica, la areación del suelo, el nivel de nitrificación, capacidad de cambio y volumen de suelo entre el fertilizante y la semilla. (6).

Ventajas y Desventajas de cada Fuente de Nitrógeno:

Se ha comprobado que las diferentes fuentes de nitrógeno dejan en los suelos residuos que pueden aumentar o reducir la acidez de ellos. Uno de - los fertilizantes que deja residuo ácido es el sulfato de amonio. (12).

Esto se debe principalmente a la nitrificación, ya que al pasar el amoníaco a la forma de nitrato, se libera iones H que permanece en el suelo. (19).

La Urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, es un material cristalino blanco con el 45 á 46% de nitrógeno; puede ser absorvida directamente por la planta, sin embargo la conversión de la Urea á carbonato de Amonio es bastante rápida y la absorción del nitrógeno por la planta de un suelo fertilizado con Urea probablemente ocurre en la forma de nitrato o de amonio (10) (13).

La Urea se difunde bien en suelo húmedo y después se hidrolisa en -- cuatro o seis días en amoníaco NH_3 que la arcilla fija muy bien. (21). La hidrólisis de la Urea depende de la temperatura, la velocidad de la reacción decrece y aumenta con la temperatura. Aplicada cuando la temperatura del suelo es menor de 40°F la Urea es lentamente hidrolisada a carbonato de amonio por la enzima Ureasa encontrada en los suelos con materia orgánica.

Mientras la Urea es lentamente hidrolisada los iones de amonio son rápidamente adsorvidos por los coloides del suelo y no es fácilmente removible por lixiviación (10). Hay pues muchas probabilidades de que la Urea se fije en su lugar de aplicación, sin que suba á la superficie como lo hace un nitrato en clima seco (21).

La relativa sequedad del clima ejerce una gran influencia sobre el movimiento de los nitratos en el suelo. Estos suben hacia la superficie en el momento en que las raíces del maíz se hunden en el suelo buscando humedad. (22).

El Sulfato de Amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ contiene 20.5-21% de nitrógeno, su coloración varía del blanco hasta amarillo y gris. Deja residuo ácido y es también una excelente fuente de azufre, pues contiene 24% de este elemento. (13) (19).

Muchos investigadores, como Tidmore y Williamson (1932) demostraron que el sulfato de Amonio es retenido por el suelo durante tiempo limitado en forma intercambiable, que no se pierde por lixiviación tan permanente como el nitrógeno del nitrato de Sodio. (7).

Pierre y Bower en 1943, demostraron que un pH relativamente alto del suelo favorece la absorción por las plantas de los iones amonio; por lo tanto el sulfato de amonio, tiene ventaja contra cualquier otro en suelos alcalinos. (7).

El Nitrato de Amonio (NH_4NO_3) se presenta en forma de cristales o partículas de nitrato amónico de color blanco, tiene de 32.5 al 33.5 por 100 de nitrógeno. La mitad de nitrógeno en forma amoniacal y la otra mitad como nitrato (13).

La condición físico de este fertilizante no es conveniente dado que es muy higroscópico. El nitrato amónico es muy soluble, más del doble que el nitrato sódico, y es fácilmente absorbido por las plantas tan pronto como se disuelva en la solución del suelo. Este fertilizante resulta más resistente a la lixiviación que el procedente del nitrato sódico, pero menor que el de sulfato amónico. (7).

El Nitrato de Sodio, NaNO_3 se obtiene de dos fuentes: una es el producto refinado procedente de depósitos situados en las mesetas desérticas de Chile, y otra, la preparación industrial. Es de color blanco, con 16 por 100 de nitrógeno. (19). Comparando el nitrato de Sodio con otros fertilizantes nitrogenados se ha encontrado que el Nitrato de Sodio es igualmente eficiente.

Sin embargo en suelos ácidos es el Nitrato de Sodio el que permite los mayores rendimientos. Esto se debe probablemente a que lleva en su contenido el ion sodio y el ion nitrato y entre los dos alimentan la planta y contrarrestan la acidez del suelo. (7).

Una nueva técnica de fertilización es la fertilización foliar o rocío de las hojas con soluciones nutritivas.

Klechkovaki, V.M. (11) afirma que hace aproximadamente un siglo se hizo el primer experimento sobre nutrición foliar utilizando fierro, posteriormente se realizaron diferentes ensayos mediante los cuales se probó que además de fierro las hojas absorben también otros elementos.

Es mediante el uso de radio-isótopos que los investigadores se han dado cuenta que las plantas se alimentan absorbiendo minerales a través de sus hojas, tallos y partes aéreas, etc. [Diferentes investigadores han determinado que hay mayor absorción a través de las hojas que de las raíces y que los elementos mayores; Nitrógeno, fósforo, potasio son absorbidos muy rápidamente a través del follaje y se movilizan inmediatamente hacia otros órganos de la planta como frutos, yemas apicales y raíces]

[Estudios realizados en EE.UU. (4) nos revelan que de las soluciones minerales aplicadas al follaje, el 95% es usado por la planta mientras que de lo que se aplica al suelo apenas el 10% es usado por la planta.]

MATERIALES Y METODOS

Lugar del Ensayo:

En este trabajo se presentan los resultados del ensayo que se realizó en un lote de terreno de la Estación Experimental Agropecuaria La Calera situada a 12 kms. al N.E. de Managua en la jurisdicción de Sabana Grande.

La zona de La Calera, corresponde a un clima tropical con temperatura promedio anual de 28°C; su altura 52 mts. sobre el nivel del mar; el medio ambiente es húmedo entre Mayo y Noviembre y seco el resto del año. Su suelo es de origen volcánico como casi todos los del pacífico de Nicaragua, de textura liviana, franco arenosa.

Antes de proceder a sembrar el ensayo se tomó una muestra del terreno para someterla a análisis químico y saber el nivel de fertilidad del lote experimental. El análisis indicó lo siguiente:

Nitrógeno asimilable.....	280 Lbs/Mz.....	Medio.
Fósforo "	50 " /Mz.....	Muy bajo.
Potasio "	400 " /Mz.....	Moderadamente alto.
pH	7.0	Neutro.

Como en ensayo se realizó en la época de "primera" del invierno (estación lluviosa) de 1966, podemos decir que hubo suficiente cantidad de agua y distribuida de la mejor manera para lograr buena cosecha en granos.

La precipitación pluvial registrada en La Calera durante los meses que duró el experimento fué: Junio 383.8 mm., Julio 220.3 mm., Agosto 137.1 mm., Septiembre 190.9 mm. y Octubre 238.4 mm.

Diseño Experimental:

Se usó el diseño de Bloques al azar con cuatro repeticiones, cada bloque o repetición constaba de seis parcelas y cada una de éstas con cuatro surcos de 25 piés de largo y separados a 3 piés entre sí. Las plantas se

dejaron separadas a un pié sobre el surco, con ello se consiguió una población aproximada de 26400 plantas por manzana, es decir, la población necesaria según el Ministerio de Agricultura y Ganadería para obtener altos rendimientos en maíz.

Variedad de Maíz usada:

Se utilizó el híbrido "Nicaragua H-1" que es un híbrido triple formado por 3 líneas procedentes de maíz criollo y maíz de México. (1).

Es el primer maíz híbrido nacional que obtuvo el Departamento de Agronomía del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Es recomendable para la Costa del Pacífico porque desarrolla perfectamente en zonas comprendidas entre 0 y 500 metros de altura. (1).

El rendimiento de la variedad ensayada es alrededor de un 30 por ciento más que los maíces criollos no mejorados en la Costa del Pacífico. Por su origen la planta presenta un aspecto similar a las variedades criollas, pero evidenciando mayor desarrollo. Su tipo de mazorca es medio, pues tiene tamaño que varía de 6-8 pulgadas; la textura del grano es parecido a la de los maíces criollos, semi-suave, y tanto olote como grano son de color blanco.

Esta variedad tiene el defecto de que su mazorca no queda bien cubierta por la tuza, por lo tanto las puntas sufren el daño de pájaros e insectos.

El ciclo vegetativo de "Nicaragua H-1" es corto, á los 95 días de sembrado puede ser cosechado.

Fuentes de Nitrógeno:

Se buscaron todas las fuentes de nitrógeno disponibles en el mercado y que son de uso corriente entre nuestros agricultores, se encontró 5 fuentes: Urea, Sulfato de Amonio, Nitrato de Amonio, Nitrado Chileno y Nitrógeno foliar (Ferti-fol).

Para evitar efectos de traslado de nitrógeno de un surco a otro se procedió a aplicar el fertilizante solamente en los 2 surcos centrales de cada parcela. Todas las fuentes se aplicaron en dosis de 100 libras de Nitrógeno por manzana. El Nitrógeno foliar se puso en proporción de 5 litros por manzana, porque así lo recomienda la casa, y en 2 partes una al aporque y la otra antes de floración.

Para compensar la deficiencia de fósforo se puso en todas las parcelas menos en la testigo, al momento de la siembra, el equivalente de 100 libras de fósforo por manzana. También se agregó 50 libras por manzana de potasio a todas las parcelas menos a las testigos.

El fertilizante se puso a chorillo en el fondo del surco y se cubrió con tierra para depositar la semilla encima.

Al momento de la siembra, solo se puso tres de las fuentes mencionadas: Urea, Sulfato de Amonio y Nitrato de Amonio y como el nitrógeno se pone en aplicación dividida, solo se aplicaron 50 libras en ese momento, el resto se aplicó al llegar el aporque de las plantas. Fué entonces cuando se aplicaron las otras dos fuentes: el Nitrato Chileno que se puso en toda su dosis; y el Nitrógeno foliar cuya fórmula es $(N_2O-P_5-K_5)$ que se puso la mitad al aporque y el resto 15 días más tarde en la cantidad de 5 litros por manzana disueltos en la suficiente cantidad de agua como para cubrir totalmente las plantas. Para esta aplicación se usó una bomba manual de mochila.

El fertilizante foliar Ferti-fol que se usó en este ensayo tiene la fórmula: 20-5-5- y además de los elementos mayores lleva en su contenido regular cantidad de microelementos, por lo tanto, su riqueza en minerales y alta solubilidad, lo ponen en ventaja sobre las demás fuentes de nitrógeno.

Prácticas Culturales:

En un terreno previamente preparado se realizó la siembra a mano y como se puso tres semillas por golpe, a los 12 días se aclaró para dejar una planta a cada pie.

A medida que iba desarrollando la plantación de maíz, así se fueron realizando las labores de limpieza que eran necesarias.

El aporque se hizo a los 25 días de sembrado y con dicho aporque se puso la segunda mitad del nitrógeno proveniente de: Urea, Sulfato de Amonio y Nitrato de Amonio; se puso también la primera parte de Nitrógeno foliar y lo mismo el total de Nitrato Chileno. Todas esas aplicaciones se hicieron específicamente en las parcelas correspondientes según el diseño empleado.

Hubo desde temprano, fuerte infestación de Gusano Cogollero (Laphygma frugiperda) y para su control se aplicó Methil Parathion y Endrín (granulado).

Otra plaga que atacó pero en menor intensidad fué el gusano elotero (Heliothis zea) y el gusano peludo (Stigmene acre).

Notas Tomadas:

Los caracteres que se observaron en este ensayo para determinar el efecto de las diferentes fuentes de nitrógeno aplicado, fueron:

Días a floración masculina:

Este dato se tomó cuando la parcela estaba florecida, es decir, cuando el 50% de las plantas estaban diseminando polen. Hubo notable diferencias entre los días de floración de las parcelas según los diferentes tratamientos.

Repuesta Vegetativa:

En los primeros días no hubo diferencia apreciable en cuanto a color de follaje, altura de planta, pero aproximadamente a los 30 días se notó que las plantas fertilizadas tenían color más oscuro y mayor tamaño que las plantas de porcelana no tratadas, es decir, las testigo. Esa diferencia desapareció

al final cuando las parcelas tanto tratadas como no tratadas presentaron - aspecto similar en color del follaje y tamaño.

Altura de Planta:

Este carácter se midió al terminar la floración en todas las parcelas de las cuatro repeticiones; se midieron en total 40 plantas para cada tratamiento, 10 plantas en cada parcela pero tomadas al azar y solamente de los dos surcos centrales que eran los surcos tratados.

Población:

La población de plantas fué casi uniforme y se le observó al tiempo de cosechar para saber el número de pérdidas por insectos o cualquier otro daño físico.

Porciento de Humedad:

Este se tomó en los surcos centrales de cada parcela, al momento de la cosecha. De las mazorcas cosechadas en cada parcela se tomaron al azar 10 y de cada una de ellas se tomó una muestra de 2 hileras de grano. En esta muestra se determinó la humedad mediante un medidor de humedad eléctrico de la marca "Stemlite".

Rendimiento:

Este era el carácter más importante para medir la influencia de las diferentes fuentes de nitrógeno empleadas. Se cosechó a los 95 días de sembrado, las mazorcas de los 2 surcos centrales.

En base al rendimiento de area cosechada, se sacó la proporción del rendimiento por manzana.

Grosor del Tallo:

Este carácter se midió a la altura del tercer entrenudo para identificar el vigor de las plantas.

RESULTADOS

El efecto de las 5 diferentes fuentes de Nitrógeno usadas en este ensayo sobre 5 caracteres de maíz, se presenta en el Cuadro No. 1 que resume los valores promedio obtenidos en el curso del ensayo. Así mismo en el Cuadro No. 2. se resumen los valores de los cuadrados medios calculados en el análisis de varianza realizado en base a los datos de días a flor, grosor del tallo, altura de planta y rendimiento de grano.

En la primera columna del cuadro 1 se encuentran los datos de los días transcurridos entre la siembra y el 50% de la floración masculina, como una medida de precocidad de las plantas dentro de cada tratamiento.

Las diferentes fuentes de nitrógeno determinaron diferencias en los días a floración en las parcelas de maíz. Así el Sulfato de Amonio está asociado con el menor número de días a la floración masculina (44 días) y el salitre chileno junto con la no aplicación de Nitrógeno (testigo) están asociados con el mayor (48 días) Estas diferencias en precocidad fueron halladas estadísticamente significantes al análisis estadístico, como puede verse en el Cuadro 2. En el Cuadro 3 se encuentran los valores de mínimas diferencias significantes que se calcularon con la "Prueba de Rango Múltiple de Duncan". Según esta prueba el Sulfato de Amonio y el Nitro Sulfato de Amonio están asociados con el menor número de días a la floración (44 y 45 días) mientras que el Nitrato de Sodio, Ferti-Fol y las parcelas testigo registraron los mayores números de días a flor, 47 y 48, siendo estos 2 grupos de valores diferentes estadísticamente. De lo que antecede se puede deducir que las fuentes amoniacales de Nitrógeno tuvieron como efecto la disminución de la precocidad de maíz medido a través de los días a la floración masculina.

El grosor del tallo medido en milímetros a la altura del tercer entrenudo de la planta registró los valores que se encuentran en el Cuadro No. 1.

La mayor diferencia entre estos valores es de 6.8 mm. (94.1-87.3) que corresponde a los datos de las plantas que recibieron Nitrato de Amonio y aquellos que no recibieron nitrógeno (testigo). Entre las plantas de las parcelas -- que recibieron nitrógeno la mayor diferencia fué de 4.3 mm. Estas diferencias aparentes de grosor del tallo no fueron estadísticamente significantes como puede verse en el Cuadro 2. Luego en el presente ensayo, las fuentes de nitrógeno empleadas no tuvieron influencia en el grosor del tercer entrenudo del tallo, como una medida de vigor de la planta.

La altura que alcanzaron las plantas de maíz, después de la floración se encuentra en el Cuadro 1. Como puede verse los datos variaron muy poco en los diferentes tratamientos. La mayor diferencia comprende a las alturas de plantas asociadas con el Nitrato de Sodio y la Urea que en promedio fueron de 2.75 mt. a 2.66 mt. respectivamente. En el análisis de varianza realizado con estos datos no se encontró diferencias significantes lo que indica otra vez que las diferentes fuentes de nitrógeno no tuvieron efecto significativo en la modificación de la altura de planta de maíz en este ensayo.

El porcentaje de humedad de grano medio al momento de la cosecha es otra característica que indica la precocidad de las plantas de maíz. Los datos registrados para este caracter en el presente ensayo pueden hallarse en el Cuadro No. 1. Estos datos son promedio de solamente 2 repeticiones y no fueron analizados estadísticamente. Las diferencias en por ciento de humedad del grano no acusan diferencia notable como efecto de las fuentes de nitrógeno probadas.

El rendimiento de grano de maíz, obtenido en promedio de las 4 repeticiones de cada uno de los diferentes tratamientos usados en el presente trabajo se encuentran en el Cuadro 1. El análisis de varianza de éstos datos está resumido en el Cuadro 2. El detalle de los datos de rendimiento así -

como el análisis de varianza realizado se halla en los Cuadros 4 y 5 respectivamente.

Los promedios de rendimiento de grano indican diferencias que fueron significantes solamente cuando se compararon las parcelas testigo con el resto de las parcelas tratadas con diferentes fuentes de nitrógeno. Tal como puede verse en el Cuadro 6, todas las parcelas que recibieron alguna forma de nitrógeno más fósforo y potasio rindieron significante más que las parcelas que no recibieron fertilizante alguno. Sin embargo entre las parcelas con fertilizante nitrogenado las diferencias aparentes en rendimiento no fueron estadísticamente significantes.

Las parcelas que más difieren en rendimiento aparente son las correspondientes a Nitrógeno foliar, y Salitre Chileno (11.325 y 10.575 qq/Mz), pero esta diferencia no alcanza la significancia al nivel del 5% de probabilidades.

De lo anterior se desprende que en el presente ensayo todas las fuentes de nitrógeno utilizadas, en combinación con fósforo y potasio al nivel de 100-100-50 libras por manzana respectivamente, en primer lugar determinaron un aumento significativo de rendimiento de grano con relación al testigo y en segundo lugar este aumento fué de similar magnitud, es decir que las fuentes de nitrógeno usadas en este ensayo no difirieron significativamente en su efecto sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz Nicaragua H-1.

Una observación interesante es la que comprende al efecto de el nitrógeno foliar en su forma de Ferti-Fol.

Como puede verse al comparar el efecto promedio de las fuentes de nitrógeno, el Ferti-Fol tuvo un efecto similar, sobre el rendimiento a los otros fertilizantes nitrogenados aplicados al suelo. Este resultado es de interés porque representa la primera indicación obtenida en la Estación Experimental Agropecuaria de "La Calera" sobre el efecto de este fertilizante foliar en el rendimiento del maíz.

También es notable el hecho de que el Ferti-Fol tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento del maíz, habiéndoselo aplicado en una dosis - baja de nitrógeno en comparación con los otros tratamientos, ya que mientras los fertilizantes granulados se aplicaron a razón de 100 libras de nitrógeno por manzana, el Ferti-Fol se aplicó a razón de un litro de nitrógeno por manzana. Esta cantidad de nitrógeno fue aplicado siguiendo las recomendaciones de la casa distribuidora de Ferti-Fol que es la de aplicar 5 litros de Ferti-Fol (20-5-5) por manzana.

Los anteriores resultados muestran que en las condiciones de clima y - suelo en que se realizó este ensayo, tanto la Urea, el Sulfato de Amonio, el Nitrato de Amonio y el Nitrato de Sodio a razón de 100 libras de nitrógeno - por manzana y aplicados al suelo en forma separada para el caso de las 3 pri- meras, todo al aporque para el Nitrato de Sodio, más el Ferti-Fol a razón de 5 litros por manzana en dos aspersiones, aumentaron el rendimiento de grano de el híbrido Nicaragua H-1 y que este aumento fue similar con las 5 fuentes de nitrógeno.

En otras palabras en el presente ensayo no se encontraron diferencias significantes en el aumento de rendimiento de grano atribuibles a las dife- rentes fuentes de nitrógeno aplicadas.

Solo el Sulfato de Amonio estuvo asociado a un adelanto significativo de la fecha de floración masculina de maíz. Tampoco el tamaño de las plan- tas ni el grosor del tercer entrenudo de las plantas fueron significativo al- terados por las diferentes fuentes de nitrógeno usadas en este ensayo.

Los resultados obtenidos en el presente ensayo están de acuerdo con - los resultados encontrados en otros ensayos, realizados con fuentes de ni- trógeno en "La Calera" en 1954 (2) y 1955 (3) y en Chinandega en 1956 (18), ensayos en los que se aplicaron 100 libras de nitrógeno por manzana prove- nientes de: Urea, Sulfato de Amonio, Nitrato de Sodio y Nitrosulfato de Amo- nio.

Si bien los resultados experimentales obtenidos en el presente ensayo más los obtenidos en otras 3 pruebas en las condiciones de "La Calera" y Chinandega muestran que tienen similar influencia sobre el rendimiento de grano de maíz las diferentes fuentes de nitrógeno probadas, queda aun por ver el costo de la aplicación de 100 libras de nitrógeno por manzana proveniente de las diferentes fuentes de nitrógeno disponibles en Nicaragua.

El costo de nitrógeno por libra así como el costo de 100 libras por manzana, usando las fuentes estudiadas en este trabajo y a los precios vigentes en el mercado de Managua en 1966-1967 se encuentran resumidos en el cuadro siguiente:

FUENTE:	Concentración de N en porcentaje:	Costo de Fertilizante en \$/qq.	Costo de 1 libra de N en \$	Costo de 100 libras de N/Mz en \$
Urea	45	45.00	1.00	100.00
Sulfato de Amonio	21	30.00	1.43	143.00
Nitrato de Amonio	33	35.60	1.08	108.00
Nitrato de Sodio	16	35.50	2.22	220.00
Ferti-Pol (Nitrógeno foliar) 20-5-5-		10.00 \$/Lit.	-	50.00 5 Lt/Mz.

En el cuadro anterior, se puede ver que entre los fertilizantes granu- lados el menos costoso por manzana es la Urea con la que hay que invertir \$ 100.00 para aplicar 100 libras de Nitrógeno por Manzana.

El fertilizante nitrogenado más caro es el Nitrato de Sodio que resul- ta a \$ 222.00 por manzana. El Nitrato de Amonio es también una fuente de nitrógeno relativamente menos costosa ya que a razón de \$ 1.08 la libra hay que gastar \$ 108.00 para aplicar 100 libras por manzana. El Sulfato de Amonio cuesta \$ 143.00 cuando se aplica en la dosis mencionada.

En vista de el costo de la aplicación de 100 libras de Nitrógeno y del hecho probado en este ensayo de que no hay diferencia significativa sobre el rendimiento de grano de maíz en las condiciones de La Calera y Chinandega, se puede decir que la Urea y el Sulfato de Amonio fueron las fuentes de nitrógeno más baratas.

El costo de la aplicación de nitrógeno foliar en la forma de Ferti-Fol y a la dosis de 5 litros por manzana es de \$50.00 por manzana, el que sería el más barato de todos. Sin embargo este resultado debe ser verificado en más ensayos experimentales antes de llegar a conclusiones.

CONCLUSIONES

Las 5 fuentes de nitrógeno usadas en el presente ensayo aumentaron el rendimiento de grano del maíz, Nicaragua H-1, en relación al rendimiento con seguido sin aplicar nitrógeno. Este resultado fue encontrado cuando se aplicaron 100 libras de nitrógeno granulado junto con 100 libras de fósforo y 50 de potasio, en las condiciones de clima y suelo de "La Calera" en siembra de primera de 1966.

Entre las 5 fuentes de nitrógeno usadas en este ensayo no se encontraron diferencias significantes en su efecto sobre rendimiento de grano del maíz, cuando se les aplicó en la forma indicada en este ensayo.

Sólo el Sulfato de Amonio adelantó la floración masculina.

El costo de la fertilización fue más bajo con Sulfato de Amonio y Urea en las condiciones del ensayo.

CUADRO No. 1 Resumen de los datos promedio de los caracteres medidos en un ensayo con diferentes fuentes de Nitrógeno aplicados a Maíz. Estación Experimental Agropecuaria "La Calera", invierno de 1966.

Tratamientos	Días a Floración Masculina	Grosor del tallo en mm.	Altura de planta en metros	Porcentaje de humedad	R e n d i m i e n t o	
					Grano seco Lbs/Parcela	Grano con 12% Humedad gq/Mz.
U r e a	46	91.5	2.66	26.65	10.75	54.3
Sulfato de Amonio	44	94.1	2.73	27.29	11.18	56.4
Nitrato de Amonio	45	91.9	2.74	29.38	10.88	54.8
Nitrato de Sodio	47	89.8	2.75	26.33	10.58	53.4
N. Foliar	48	90.3	2.73	28.87	11.33	57.2
Sin Nitrógeno (Testigo)	48	87.3	2.72	28.87	8.90	44.9

CUADRO No. 2.- Resumen de los cuadrados medios calculados en el análisis de varianza de cada uno de los caracteres medidos en un ensayo de diferentes fuentes de nitrógeno aplicadas a Maíz, Estación Experimental Agropecuaria "La Calera". Invierno de 1966.-

Fuente de Variación	Días a flor Masculina	Grosor del Tallo	Altura de Planta.	Rendimiento de Grano en Lbs/Parcela.
Tratamiento	10.668 ^{xx}	1.04	0.088	3.07 ^x
Repeticiones.	1.00	0.56	0.02	1.41
E r r o r	1.13	2.06	0.009	0.99

x Significante al nivel del 5% de probabilidades.

xx Significante al nivel del 1% de probabilidades.-

CUADRO No. 3.- Prueba de Rango Múltiple de Duncan de los datos de los días a floración

Tratamientos	Medidas ordenadas de mayor a menor	x - 44	x - 45	x - 46	x - 47	x - 48
Testigo	48	4+ (1)	3+	2+	1	0
Ferti-Fol	48	4+	3+	2+	1	
Nitrato/Sodio	47	3+	2+	1		
U r e a	46	2+	1			
N.S. Amonio	45	1				
Sulfato de Amonio	44					

(1) + Indica que la diferencia es significativa al nivel del 5% de probabilidades.

$$S_x = \sqrt{\frac{\text{C.M. de Error}}{\text{Número de Repetic.}}} = \sqrt{\frac{1.13}{4}} = \sqrt{0.2825} = 0.53.-$$

$$D = Z \times S_x$$

Número de Promedios a Comparar:	Valores de Z Tabulados al 5% (A)	Sx Calculado (B)	D Factor Duncan (Ax B)
2	3.01	0.53	1.5953
3	3.16	0.53	1.6748
4	3.25	0.53	1.7225
5	3.31	0.53	1.7543
6	3.36	0.53	1.7808

CUADRO No. 4.- Datos inviduales de rendimiento de grano seco en libras por parcela, obtenidos en un ensayo de diferentes fuentes de Nitrógeno aplicados a Maíz. "La Calera", Invierno/1966.

Tratamientos	R e p e t i c i o n e s				Total/ Tratam.	Promedio por Tra- tamiento.
	I	II	III	IV		
U r e a	11.7	10.5	11.1	9.7	43.0	10.750
Sulfato de Amonio	12.1	8.6	12.3	11.7	44.7	11.175
Nitrato de Amonio	12.0	11.5	10.5	9.5	43.5	10.875
Nitrato de Sodio	11.1	9.9	11.0	10.3	42.3	10.575
Nitrógeno Foliar	10.4	12.0	12.4	10.5	45.3	11.325
T e s t i g o	8.9	9.1	8.7	8.9	35.6	8.90
Total por Repetición	66.2	61.6	66.0	60.6		
Promedio Tepetición	11.03	10.26	11.0	10.1		

CUADRO No. 5.- Análisis de varianza de los datos de rendimiento de grano seco en Libras/Parcela.-

Fuente de Variedades	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios.	Valores de "F"		
				Calculados	Tabulados	
					5%	1%
Tratamientos.	5	15.38	3.07	3.1 ^x	2.9	4.56
Repeticiones.	3	4.25	1.41	1.42	3.29	5.42
E r r o r	15	14.87	0.99			
T o t a l	23	34.5	1.5			

x: Significa al 5%.-

CUADRO No. 6.- Prueba de Rango Múltiple de Duncan de los datos de Rendimiento.-

Tratamientos	Medias Ordenadas de mayor a menor.	x-8.9	x-10.575	x-10.750	x-10.875	x-11.175
Nitrógeno Foliar.	11.325	(1)+ 2.425	0.750	0.575	0.450	0.150
Sulfato de Amonio	11.175	2.275 ⁺	0.600	0.425	0.300	
Nitrato de Amonio	10.875	1.975 ⁺	0.300	0.125		
U r e a	10.750	1.850 ⁺	0.175			
Nitrato de Sodio	10.575	1.675 ⁺				
Testigo	8.90					

(1) + Indica que la diferencia es significativa al nivel del 5% de probabilidades.-

$$S_x = \sqrt{\frac{\text{Cuadrado Medio del Error}}{\text{Número de Repeticiones.}}} = \sqrt{\frac{0.99}{4}} = 0.49.-$$

$$D = Z_x S_x$$

Número de Promedios a Comparar	Valores de Z Tabulados al 5% (A)	Sx Calculado (B)	D Factor Duncan (Ax B)
2	3.01	0.49	1.4749
3	3.16	0.49	1.5484
4	3.25	0.49	1.5925
5	3.31	0.49	1.6219
6	3.36	0.49	1.6464

R E S U M E N

Para probar el efecto de diferentes fuentes de nitrógeno sobre el maíz se realizó un ensayo en un lote de terreno de la Estación Experimental Agropecuaria "La Calera".

Se sembró el híbrido "Nicaragua H-1" el día 24 de Junio de 1966 en un diseño experimental de Bloques al Azar con 4 repeticiones. Los tratamientos consistieron en emplear 5 fuentes de nitrógeno que prevalecen en el mercado y son: Urea 45% de nitrógeno; Sulfato de Amonio 21% de nitrógeno; Nitrato de Amonio 33% de nitrógeno, Nitrato de Sodio 16% de Nitrógeno, y Nitrógeno foliar Ferti-Fol de la fórmula 20-5-5-, además de las fuentes nitrogenadas se aplicó también 100 y 50 lbs/Mz, de fósforo y potasio respectivamente, a todas las parcelas menos al testigo.

Cada tratamiento consistió en el equivalente de 100 lb. de nitrógeno por manzana, pero el ferti-fol se puso, según la recomendación de la casa distribuidora, a razón de 5 litros de Ferti-Fol por manzana.

Al momento de la siembra se aplicó la mitad del nitrógeno proveniente de Sulfato de Amonio, Urea y Nitrato de Amonio, el resto se aplicó al aporque; el Nitrato de Sodio (chileno) se aplicó toda la dosis al hacer el aporque y el Ferti-Fol se aplicó la mitad al aporque y el resto 15 días más tarde.

No hubo diferencias notables en color, vigor y altura de plantas, con las diferentes fuentes pero para el carácter días a flor encontramos diferencias estadísticamente significantes para los tratamientos y fué el Sulfato de Amonio el que mostró la floración más temprana, á los 44 días de sembrado el maíz: el testigo tardó 48 días para florecer.

El rendimiento en grano nos mostró que el nitrógeno aplicado, sin importar la fuente, aumenta la producción, y que hubo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos y testigo pero no entre tratamientos

es decir que ninguna fuente de nitrógeno fué superior a otra. Este resultado estuvo de acuerdo con los encontrados en otros tres ensayos realizados en "La Calera" y Chinandega, en los años de 1954, 1955 y 1956.

En base al presente experimento se concluye que en las condiciones que se realizó el ensayo no se encontró fuente de nitrógeno superior y por lo tanto sería recomendable el uso de las fuentes más baratas, que actualmente corresponden a la Urea y Sulfato de Amonio.

En relación con el fertilizante foliar Forti-Fol, aplicado en forma de aspersión al follaje de las plantas de maíz se encontró en éste ensayo, un efecto similar al de las demás fuentes de nitrógeno granulado y una indicación de que su costo sería relativamente bajo, pero como no se cuenta con más evidencias no se pudo llegar aún a conclusiones.-

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANONIMO.- Recomendaciones generales para el cultivo del maíz. Folleto Centro Experimental Agropecuario "La Calera", Dpto. de Agronomía, MAG. Managua, Nicaragua, C.A.- Junio de 1966. pp. 7.
- 2.- ANONIMO.- Informe de las investigaciones del Departamento de Agronomía del STAN durante el año 1954 (no publicado). pp. 19-20, 23 y 53.
- 3.- ANONIMO.- Informe de las investigaciones del Departamento de Agronomía del STAN durante el año 1955 (no publicado). pp. 65.
- 4.- ANONIMO.- "The contribution of atomic energy to agriculture". Folleto publicado por la Comisión de Energía Atómica de EE.UU. Washington, 1954. Marzo-Abril.
- 5.- BENNETT, W.F., PESEK, J. y HANWAY, J.J.- Effect of nitrate and ammonium on growth of corn in nutrient solution and culture. Agronomy Journal 56 (3): 342-345. 1964.
- 6.- BROADBEN, F.E., HILL, G.N. and TYLER, K.B.- Transformation and movement of urea in soil. Soil Science. Soc. Amer. Proc. 22: 303-307. 1958.
- 7.- COLLINGS, G.H.- "Fertilizantes comerciales. Sus Fuentes y uso". Primera edición española. Traducida de la 5a. edición americana por Eleuterio Sánchez. Salvat Editores, S.A., 1958. pp. 56, 65, 70 y 84.
- 8.- ENRST, J.W., and MASSEY, H.F.- "The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from Urea in Soil". Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24:87-90., 1960.
- 9.- HUNTER, A.S. y ROSENSU, W.A.- "The effect of Urea, biuret, and ammonia on germination and early growth of corn (Zea mays L)" Soil Science Society of America. Proceedings 30 (1): 77-81. 1966.
- 10.- JONES, J. y HOFF, D.J.- "Rates and fall versus Spring application of urea nitrogen for corn". Ohio Agricultural Experiment Station. Research circular 106. 1963. pp. 7.
- 11.- KLECHKOVAKI, V.M.- "Uso de trazadores en estudios sobre la aplicación de fertilizantes". Tomado de la utilización de la Energía, con fines pacíficos. Volumen No. 12, Naciones Unidas, Ginebra, Agosto de 1955.
- 12.- LAIRD, R.J.- "La fertilidad del Maíz". Mejoramiento del Maíz. Sexta Reunión Centroamericana, Managua, Nicaragua, 1960. pp. 45.
- 13.- LAIRD, R.J. y NUÑEZ, R.E.- "Curso de Fertilidad de los Suelos". Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México, 1963. Mimeografiado, pp. 26, 84, 86 y 96-99.

- 14.- McCLURE, G.W.Jr. y HUNTER, A.S.- "Investigations of ammonium chloride as a nitrogen fertilizer for forrage crops and corn". *Agronomy Journal* 54 (5): 443-447. 1962.
- 15.- MEZA SILVA, L.R.- "Efecto de la variación de 7 niveles de nitrógeno - en la producción de grano de maíz". Tesis Profesional no publicada. Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, Nicaragua. 1966. pp. 24.
- 16.- MILLAR, C.E., TURK, L.M. y FOTH, H.E.- Edafología "Fundamentos de la ciencia del Suelo". Segunda impresión en español, traducido de la tercera edición en Inglés. México, D.F. Dic. de 1962. pp. 319 y 411.
- 17.- SALAZAR, A.B.- "El cultivo del Maíz en Nicaragua". Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, Nicaragua, C.A.- Mimeografiado Abril 1964. pp. 5-6.
- 18.- SALAZAR, A.B.- "Resumen de los trabajos realizados por el MAG". Ministerio de Agricultura y Ganadería. Trabajo no publicado. Departamento de Agronomía del MAG. Nicaragua, 1965.
- 19.- SCARSBROOK, C.E. y COPE, J.T.Jr.- "Fertilizantes Nitrogenados para el Algodón y el Maíz". Boletín No. 308 de la Estación Experimental Agrícola del Instituto Politécnico de Alabama. E.U. A. Publicado por la Revista "La Hacienda". Nov. de 1959. pp. 32 y 33-35.
- 20.- SCHROO, H.- "Hechos prácticos sobre fertilidad del suelo. Nutrición de cultivos y Fertilización en los Trópicos". Publicación de la Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda. 1960. pp. 17-18, 26-28 y 30-31.
- 21.- SOUBIES, L., GADET, R. y LENAIN, M.- "Una nueva técnica para la fertilización Nitrogenada del Maíz". *Fertilité* No. 10:27-35. 1960.-
- 22.- SOUBIES, L., GADET, R.- "Remontée des nitrates dans les couches superficielles du sol, en période estivale" (Travail inédit de la Station Agronomique de L' O.N.I.A.) 1956. pp. 13-22.