

ESTUDIO DE LA REPUESTA AL POTASIO, USANDO
ASPERGILLUS NIGER VAN TIEGHEM
EN VARIOS SUELOS DE NICARAGUA

Por

Noel Zúñiga Arana

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.

1964

ESTUDIO DE LA RESPUESTA AL POTASIO, USANDO
ASPERGILLUS NIGER VAN TIEGHEM
EN VARIOS SUELOS DE NICARAGUA

Por
Noel Zúñiga Arana

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.

1964

Aprobada: Elbadaly.
Fecha: Dic " 1964

RECONOCIMIENTOS

El autor agradece a los Laboratorios Bengoechea por haber facilitado todo el equipo y reactivos, así como el local que se utilizó en este experimento. También muy especialmente al Dr. Jaime Bengoechea D., por su cooperación material y sus valiosos consejos.

Al Ingeniero Eliseo Ubeda G., por haber obtenido y facilitado las muestras de suelo sin lo cual este trabajo se hubiera verificado en mayor tiempo.

A Victor Varela D., M.S. por su cuidadosa como desinteresada cooperación en la revisión del original.

I N D I C E

Introducción.	1
Literatura Revisada	4
Materiales y Métodos.	15
Resultados.	19
Discusión y Conclusiones.	23
Resumen	28
Bibliografía.	29
Apéndice.	38

TABLAS Y FIGURAS

Tabla I	Toneladas métricas de fertilizantes consumidas en todo el mundo y en Nicaragua en varios años, entre 1950 y 1962.....	Pag. No.31
Tabla II	Datos de las muestras estudiadas, obtenidas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Nicaragua (muestras A y C) y por SOTESA (muestras B y D).....	Pag. No.31
Tabla III	Resultados de los ocho tratamientos en los suelos estudiados.....	Pag. No.32
Tabla IV	Cuadrados medios de los análisis de varianza, correspondiente a los tratamientos en los suelos estudiados.	Pag. No.32
Tabla V	Resultados del tratamiento 0.0 lbs/mz. en relación con el potasio extraíble en HCl 0.1N	Pag. No.33
Tabla VI	Peso seco en relación con la respuesta a las aplicaciones de potasio (Media de todos los tratamientos que recibieron potasio)	Pag. No.33
Figura I	Relación entre el valor de la producción y la cantidad de fertilizante aplicado.	Pag. No.34
Figura II	Relación entre el potasio intercambiable y la producción de maíz.	Pag. No.35
Figura III	Comportamiento del hongo con los diferentes suelos estudiados en relación con la cantidad de potasio aplicado.	Pag. No.36
Figura IV	Peso seco del hongo en relación con la respuesta a las aplicaciones de potasio. (Media de todos los tratamientos que recibieron potasio).	Pag. No.37

INTRODUCCION

El aumento de la productividad de la tierra es cada vez más necesario para poder llenar las necesidades de productos agropecuarios que con el incremento de la cultura y de la población son cada vez más crecientes. Para ésto se recurre a diversos medios que la ciencia pone cada día a la disposición de los técnicos agrícolas. Entre estos medios están la mecanización, la utilización de nuevas variedades, la utilización de híbridos, técnicas más eficientes de manejo y lo que nos ocupa en este trabajo, la fertilización.

La Tabla I. (página 31) da una idea del consumo de fertilizantes en los últimos años.

Investigaciones efectuadas indican que el aumento de producción por la fertilización no es ilimitada, sino que obedece a la ley de los rendimientos decrecientes.

Como puede observarse en la figura I, (pag. 34) que es la representación gráfica de la ley de rendimientos decrecientes, el aumento de la producción es una curva sigmoideal y la fertilización una línea recta. Por lo tanto existe un valor en la línea de las abcisas (cantidad de fertilizantes aplicado) para el cual la diferencia entre ordenadas (aumento de la producción) es máximo. Dicha diferencia representa el beneficio; encontrar el punto en que es máximo es uno de los principales problemas de la

fertilización. Para resolverlo es necesario la experimen
tación de campo.

La fertilización aumenta la producción, siempre que en el suelo haya menos cantidad de nutrientes de lo que la plan
ta está en capacidad de extraer, en cuyo caso se dice que hay respuesta. El problema de la fertilización se reduce entonces esencialmente a saber si habrá o no respuesta y en caso de haber, con qué intensidad. Esto se logra únicamente haciendo un experimento en el campo en el que se aplican diferentes dosis de fertilizantes y se mide la respuesta. Los datos obtenidos en el experimento sólo son válidos para las condiciones en que se verifica, incluyendo el año y el tipo de fertilizante, pero experimentos posteriores en diferentes años y condiciones pueden hacer que los resultados obtenidos sean válidos para otros años.

Por lo anteriormente expuesto podemos decir que la for
ma más exacta de que se dispone en la actualidad para saber si un cultivo responde o no a la fertilización en determinado suelo, es la experimentación en el campo. Pero tales experimentos consumen mucho tiempo, esfuerzo y dinero, lo que hace que no se puedan llevar a cabo experimentos en todos los campos con diferentes cultivos, tipos de suelo y condiciones de manejo:

Estos problemas se han resuelto satisfactoriamente desarrollando pruebas de laboratorio e invernadero, más rápidas y de menor costo, que permitan extender los resultados obtenidos en un experimento de campo a otros campos y condiciones, quedando la parcela utilizada en el experimento como "parcela patrón". Esta parcela sirve luego para comparar sus resultados con aquellos obtenidos en los experimentos rápidos con un número mayor de suelos y sacar entonces una correlación entre ambos resultados.

Ya disponiendo de dicha correlación, se puede estimar la respuesta a la fertilización en un suelo, sin necesidad de hacer un experimento de campo en él, por medio de una prueba de laboratorio.

El presente trabajo tiene como meta medir la respuesta a las aplicaciones de potasio al suelo por medio del crecimiento del hongo Aspergillus niger van Tieghem y correlacionar la respuesta obtenida con la cantidad de potasio determinado químicamente.

LITERATURA REVISADA

Viets y Hanway (18), lo mismo que numerosos autores (9, 12, 16, 17) sobre fertilidad de suelos señalan que para determinar las necesidades de nutrientes en un suelo, es necesario diagnosticar el problema, determinar el grado de deficiencia y determinar la cantidad de fertilizantes necesaria para obtener una producción dada.

Para diagnosticar si el problema que tiene un suelo es de fertilización o de otra índole deben estudiarse minuciosamente tanto las condiciones del suelo, como las de las plantas, ya que otras causas pueden producir en éstas y en la producción, efectos similares a los de la falta de nutrientes (9).

La búsqueda de síntomas de deficiencia es una de las técnicas más comúnmente empleadas en apreciar el estado de fertilidad del suelo, pero hay otras causas que pueden provocar los mismos síntomas (como por ejemplo, el mal drenaje, el exceso de sales en el suelo, sequía, insectos y enfermedades). Estas causas pueden provocar una baja en la producción aunque no hayan síntomas de deficiencias. Además el problema se dificulta cuando dos o más deficiencias se presentan al mismo tiempo. Por todo esto hay que tener mucho cuidado en no confundir un problema de fertilización, con un problema de drenaje o de otra especie (18).

Además de la observación visual, se pueden hacer análisis químicos de la planta o del suelo para verificar si hay deficiencia.

El segundo paso después de haber determinado el problema es la determinación del grado o intensidad de la deficiencia. Para ésto se han desarrollado varias técnicas de examinar el suelo que son, el análisis químico de suelo, análisis foliar y de otros tejidos de la planta y pruebas biológicas.

En el análisis de suelo se usa una solución para extraer del suelo una fracción más rápidamente soluble de la cantidad total de nutrientes que pueda ser correlacionada con el comportamiento de la planta a determinado nivel de fertilidad natural del suelo (15).

Soluciones diluidas de ácidos y de sales, se usan para extraer los nutrientes, la clase de sustancia y su dilución varían con el elemento y con el suelo, buscando siempre como obtener una buena correlación con la respuesta del cultivo. Saiz del Río y Bornemisza (15) recomiendan que el procedimiento usado en el análisis debe ser uniforme. La dilución, la forma, tiempo de agitación y a veces la temperatura deben ser los mismos siempre, ya que lo que interesa en estos análisis es más que todo la precisión (aunque no haya exactitud,

puesto que los datos siempre tienen que correlacionarse). Rapidez y bajo precio son deseables en estos análisis, pero no a expensas de la precisión.

En todo análisis de suelo hay que considerar que sólo se analiza comúnmente la parte superficial del suelo y los cultivos toman nutrientes de lugares tan profundos como se lo permiten sus raíces (15).

Ejemplos de soluciones extractoras (5,15)

<u>Nitrógeno</u>	<u>Fósforo</u>	<u>Potasio</u>
Agua	N H ₄ F 0.03N en	
	HCl 0.025N	NH ₄ CH ₅ COO 1N
HCl 0.1N	H ₂ SO ₄ 0.002N	
	(pH3)	HNO ₃ 1N
	HCl 0.1N	

Los métodos químicos de determinación se fundamentan en las reacciones siguientes:

- Nitratos + Difenilamina - color azul
- Nitratos + Acido difenil sulfónico - color amarillo
- Fosfatos + Acido molibdicico + cloruro estanoso - color azul profundo
- Fosfatos + Acido molibdicico + ácido 1, 2, 4, aminonaftol sulfónico - color azul
- Fosfatos. + Acido vanadomolibdo fosfórico - color amarillo
- Potasio + Cobaltinitrito de sodio - precipitado amarillo

El nitrato y fosfato se determinan colorimétricamente (2) midiendo la intensidad del color desarrollado de acuerdo con las leyes de Beer y de Lambert. El potasio se determina midiendo la turbidez del precipitado que se forma, o disolviendo a éste en HCl concentrado y determinando el cobalto colorimétrica o complexométricamente, con lo cual se determina el potasio indirectamente (2). El potasio también se determina midiendo la intensidad del color violeta que le imparte a la llama oxidante (flamometría).

Sin embargo, la mayor parte del nitrógeno y del fósforo se encuentra en la mayoría de los suelos en forma orgánica no disponible para las plantas; el nitrógeno cerca del 99% y el fósforo del 25 al 70%. El potasio está en forma mineral en un 90 a 98% en forma de minerales silicatados, como los feldespatos y micas, que requieren una temperización para liberarlo (16).

La materia orgánica también libera nitrato y fosfato disponibles para las plantas, por medio de la acción microbiológica (19). Existen nitrógeno, fósforo y potasio a un estado insoluble no disponible. Esto está relacionado principalmente con el pH del suelo y afecta en mayor grado a los fosfatos y también al potasio. Los nitratos no son susceptibles de fijación, pero sí de lixiviación (16, 19).

Las técnicas de análisis de tejidos incluyen principalmente el análisis foliar. Esta es una prueba más confiable que el análisis de suelo, porque en este caso se determina la cantidad de nutrientes removida por la propia planta y no por una solución. Esta cantidad se determina químicamente y también se correlaciona con la respuesta a la fertilización. Hay sin embargo limitaciones porque diferentes factores, principalmente los climáticos, pueden restringir el crecimiento y variar la cantidad de nutrientes que la planta puede remover (18).

También se han usado pruebas de invernadero combinadas con el análisis de la planta. El Girasol ha sido usado para extraer Boro. Para fósforo y potasio, Newbauer (17) desarrolló una técnica en la que siembra un gran número de semillas de centeno en una pequeña cantidad de suelo. De esa manera los nutrientes son extraídos en corto tiempo y luego son determinados cuantitativamente por análisis químico de las plántulas. Se asume que sólo del 20 al 30% del fósforo y potasio total disponible, es extraído por este método.

El empleo de isótopos radioactivos ha sido últimamente introducido en las técnicas de análisis de fitotejidos. Estos isótopos radioactivos son absorbidos por la planta lo

mismo que los isótopos normales y pueden luego detectarse. Este procedimiento puede usarse tanto en el campo como en el invernadero. Por medio de estos radioindicadores, puede determinarse cuánto nutriente extrae la planta del suelo y cuánto del fertilizante. Su utilización ha estado limitada a la fertilización con fósforo (17).

La siguiente ecuación se usa en el cálculo de la disponibilidad:

$$A = \frac{B (1 - y)}{y}$$

Donde: A = lbs/mz. de P_2O_5 disponible; B = lbs/mz. de P_2O_5 aplicado; Y = fracción del fósforo en la planta que proviene del fertilizante.

Un suelo alto en nutrientes disponibles dará un valor "A" alto, porque no mucho nutriente es extraído del fertilizante. Un suelo bajo en nutrientes disponibles dará un valor "A" bajo, porque el cultivo toma la mayor parte de sus nutrientes del fertilizante. También este método tiene sus limitaciones porque los radioindicadores reaccionan distintamente con los distintos suelos (17).

El tercer tipo de pruebas para determinar la intensidad de la deficiencia de nutriente son las pruebas biológicas.

En éstas pueden utilizarse plantas superiores, como en los experimentos de campo y de invernadero o plantas inferiores como hongos y bacterias. El método de parcelas de campo es uno de los más antiguamente conocidos. La parcela debe ser representativa de una región, porque se usa principalmente para comparar otros métodos. La experimentación de campo es usada principalmente por estaciones experimentales estatales o por empresas privadas con respaldo financiero (8).

Las pruebas de invernadero utilizan también plantas superiores, pero un mayor número de muestras pueden probarse manejando pequeñas cantidades de suelo. Tienen la ventaja de que pueden controlarse las condiciones climáticas. Mitscherlich (17) desarrolló un método de invernadero en el que se cultivan hasta su madurez, plantas de avena en 10 maceteras conteniendo seis libras de suelo cada una. La producción de cada tratamiento se expresa como porcentaje de la producción del tratamiento completo con nitrógeno, fósforo, potasio. Con este porcentaje, la reserva de nutriente en el suelo testigo puede ser encontrada en libras/acre en las tablas de producción preparadas por Mitscherlich. Con estas mismas tablas puede predecirse el incremento de la producción por aplicaciones de fertilizante. Una modificación del método de Mitscherlich es el cultivo de lechuga romana

en maceteras. Las plantas se desarrollan en seis semanas al cabo de las cuales se cosechan. Los resultados se expresan como porcentajes de la producción máxima que es capaz de obtenerse. Estos porcentajes se clasifican en tres categorías: deficiencia, deficiencia probable y deficiencia incierta.

Los métodos microbiológicos son más rápidos y requieren mucho menos espacio que los métodos que utilizan plantas superiores. Winogradsky (19), fue uno de los primeros en observar que en la ausencia de ciertos minerales, ciertos microorganismos tenían un comportamiento similar al de las plantas superiores.

Sackett y Stewart (1) en base a un trabajo de Winogradsky desarrollaron una técnica en la que se toman varias porciones iguales de suelo, se adicionan fosfato a una, potasio a otra, potasio más fosfato a una tercera y se usa un testigo. Se inoculan luego con Azotobacter chroococum y se incuban por 72 horas a 30°C. El suelo se clasifica de muy deficiente a deficiente en los respectivos elementos, dependiendo del crecimiento de las colonias.

Mehlich (1), usando Cunninghamella blakeeslana, desarrolló un método para fósforo. Este método se basa en la sensibilidad de Cunninghamella al contenido de fosfato del medio

en que crece. Se inocula el organismo a una pasta preparada con el suelo y se deja por cuatro días y medio. La concentración del fosfato presente se estima por el diámetro del micelio desarrollado.

Mehlich y Fred (9) tomando como base los trabajos de Niklas y Poschenrieder en Alemania, desarrollaron un método para potasio usando Aspergillus niger van Tieghem. Pequeñas cantidades de suelo (2.5 gms) se inoculan con A. niger y se incuban de 4 a 5 días, al cabo de los cuales se pesa el micelio o se le determina químicamente el potasio extraído.

Eno y Reutzer (3) midieron el potasio disponible de la biotita, muscovita, arena verdosa y microclino por medio del crecimiento del A. niger usando la técnica de Mehlich. Con este hongo se puede determinar también cobre y magnesio haciendo un análisis químico del micelio o por la observación del color del mismo y de las esporas. Ha servido también para determinar molibdeno, cobalto y manganeso.

Olsen y Shaw (10), correlacionaron los métodos (químicos de Mitscherlich y de Newbauer) para potasio con la respuesta de las plantas a la fertilización.

El último paso para determinar las necesidades de nutrientes es encontrar la cantidad de fertilizante que es necesario aplicar para obtener una producción dada. Esta es prácticamente la meta de toda experimentación y es el dato que todo agricultor necesita y reclama. Este dato se obtiene por medio del desarrollo de una correlación entre los resultados de los experimentos de campo y las pruebas hechas al suelo (17).

Según de la Loma (4)

"Se dice que existe una correlación entre dos series de datos cuando uno de ellos varía a medida que lo hace el otro en el mismo o en diferente sentido".

Un diagrama de correlación se puede hacer, llevando a un sistema de coordenadas cartesianas los valores de ambas series, uno en el eje de X y otro en el de Y, obteniendo así un punto con cada par de valores. Si ambas series de valores guardan correlación entre sí, los puntos obtenidos no aparecen dispersos, sino que agrupados en determinadas zonas. Cuando forman una línea continua, están ligados por una fórmula matemática que los relaciona exactamente.

La gráfica obtenida por Bray (16) (fig.II) es un ejemplo de correlación entre el potasio intercambiable y la respuesta del suelo a la fertilización con potasio.

En la curva podemos observar que, por ejemplo, a un nivel de potasio intercambiable de 80 lbs/acre, corresponde un porcentaje de producción de 60%. Esto quiere decir que en un suelo que encontramos 80 lbs/acre de potasio intercambiable, sólo se obtiene un 60% de la producción que se obtendría si se fertilizara adecuadamente.

La cantidad de fertilizante necesaria para aumentar la producción a un 100%, debe ser encontrada por medio del experimento de campo. Se llama de nuevo la atención de que todos estos cálculos sólo son válidos para determinadas circunstancias.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras estudiadas se seleccionaron a base de su contenido de potasio soluble de los lotes de muestras analizadas por la Sociedad Técnica de Servicios Agrícolas (SOTESA) y por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Nicaragua. Se seleccionaron dos muestras clasificadas como bajas, una clasificada como media y otra clasificada como media alta (ver tabla II).

El Aspergillus niger usado en el experimento se aisló de un suelo. Se prepararon seis platos petri con un medio de cultivo que consistía de 16.7 gms. de Extracto de Malta, de 28.3 gms. de Agar Agar y 1.000 cc. de agua destilada. Se inocularon tres platos con solución de suelo y se incubaron a temperatura de ambiente hasta que se formaron las diferentes colonias de hongos. Con ayuda del microscopio se identificaron las colonias de Aspergillus niger (6) se escogió la mejor y se inoculó con un asa estéril en los otros tres platos. Se incubó a temperatura de ambiente hasta que la formación de conidias fue bastante densa.

La solución de esporas se obtuvo adicionando 5 cc de agua esterilizada a un plato después de desprender las esporas con un asa.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire y pasadas por un tamiz de 1 mm. Luego de mezclar bien, se usó la técnica microbiológica desarrollada por Niklas y modificada por Mehlich para Potasio (9).

Técnica de Mehlich

- (1) Se pesan 2.5 gm. de suelo y se colocan en un Erlenmeyer de 125 ml.;
- (2) Se agregan 30 ml. de solución nutritiva y se revuelve bien;
- (3) Se agregan 0.5 ml. de una solución concentrada de esporas de Aspergillus niger y se incuban por 4 ó 5 días a 35°C.;
- (4) Después de terminada la incubación se remueve el micelio con unas pinzas, se lava en una corriente de agua no muy fuerte, se presiona entre dos papeles secantes y se pone a secar en panitas de aluminio entre 70 y 90°C por 12 a 14 h. y luego a 105°C por 2 h.
- (5) Se enfría en un desecador y se pesa en una balanza analítica.

Solución Nutritiva

Azucar de caña	100	gms
Acido Cítrico ($C_6H_8O_7$)	10	"
Sulfato de Amonio ($(HN_4)_2 SO_4$)	6	"
Peptona	1	"
Fosfato Acido de Calcio ($CaH PO_4 2H_2O$)	1	"

Fosfato Monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	1,215	gms
Sulfato de Magnesio ($\text{Mg SO}_4 7\text{H}_2\text{O}$)	0,614	"
Sulfato de Cobre ($\text{Cu SO}_4 5\text{H}_2\text{O}$)	0,0059	"
Sulfato Ferroso ($\text{Fe SO}_4 7\text{H}_2\text{O}$)	0,005	"
Agua Destilada	1,000	" cc

Los cultivos se hicieron para cada suelo, en 32 Erlenmeyers de 100 cc. tapados con un pedazo de algodón. Se usaron los tratamientos de 0, 50, 100, 150, 300, 500, 600 y 1000 lbs/mz. de K_2O , agregando 5 ml. de una solución de K_2SO_4 conteniendo cantidades de K_2O equivalentes a los tratamientos.

Los frascos se cambiaron de lugar una vez cada día para reducir el error debido a las diferencias de temperatura dentro de la incubadora.

Se midió la variación del peso del micelio del Aspergillus niger a diferentes niveles de K_2O , usando únicamente solución nutritiva y los mismos tratamientos, con el objeto de obtener una curva de crecimiento sin suelo. Se usaron 30 ml. de solución nutritiva y se incubó por 4 días a 35°C .

Cada tratamiento se hizo en cuadruplicado, usando la distribución experimental de bloques al azar.

Los resultados se analizaron estadísticamente como un experimento sencillo de parcelas al azar con repeticiones.

Se determinó el potasio soluble en HCl 0.1N, en un fotómetro de llama Coleman, modelo 21, (con quemador de Propano y Oxígeno). Este análisis se hizo en los laboratorios de Geotécnica, S.A.

R E S U L T A D O S

La determinación de potasio soluble en HCl 0.1N, dió los siguientes resultados: suelo A, 370 lbs/mz. de K_2O ; suelo B, 690 lbs/mz. de K_2O ; suelo C, 1450 lbs/mz. de K_2O ; suelo D, 3500 lbs/mz. de K_2O .

Se observó un crecimiento pobre en los suelos bajos en potasio soluble (A y B) a las 24 horas de iniciado el cultivo. En cambio, los cultivos en suelos altos (C y D) en potasio mostraron un crecimiento muy vigoroso, desde las 24 horas.

La producción de esporas apareció más tardíamente en los suelos con más potasio (C y D).

En la tabla III (pag.32) se presentan los cuadrados medios en los análisis de la varianza de los tratamientos aplicados a los cuatro suelos que se probaron.

En la figura III (pag.36) se presentan los resultados del peso del micelio a los diferentes niveles de K_2O aplicados a los suelos. En la misma figura aparece para efectos de comparación, la curva de crecimiento del A. niger a diferentes niveles de Potasio. Como puede observarse en esta figura, el peso del micelio varía en relación directa con el contenido de potasio soluble de los suelos. Las adiciones de potasio produjeron un incremento gradual del peso del micelio a excepción hecha del suelo D.

En consecuencia hubo respuesta a las aplicaciones de Potasio en los suelos con 370, 690 y 1450 lbs/mz. de K_2O . No hubo respuesta en el suelo con 3500 lbs/mz. de K_2O .

En todos los casos, las respuestas máximas se obtuvieron con el nivel de 1000 lbs/mz. a excepción del suelo D que no registró respuesta.

En la tabla IV (pag.32), se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza correspondiente a los tratamientos en los suelos estudiados.

El peso seco del tratamiento 0.0 lbs/mz. en cada uno de los suelos tabla V (pag.33) fue proporcional al nivel de potasio soluble siguiendo una curva similar a la obtenida por Mehlich en una prueba de 74 suelos (9).

En la tabla VI (pag.33), se presenta la relación entre el peso seco y la respuesta media a las aplicaciones de potasio.

La figura IV (pag.37), muestra la relación entre el tenor de potasio soluble en HCl 0.1N y la respuesta promedio a las aplicaciones de potasio. La curva de la figura indica que la respuesta tiende a aumentar fuertemente hasta unas 600 lbs/mz. de K_2O ; de aquí en adelante disminuye notablemente.

Cabe aclarar que esta curva se obtuvo en cuatro pares de valores sóloamente, lo cual limita la confianza de la correlación enunciada.

La prueba de la Mínima Diferencia Significativa revela:

Suelo A.

1. Los tratamientos de 50, 100 y 150 lbs/mz., no produjeron respuesta.
2. La aplicación de 300 lbs/mz. produjo respuesta, pero el incremento del rendimiento no difiere significativamente del producido por 100 y 150 lbs/mz.
3. Los tratamientos de 500 y 600 lbs/mz. producen la misma respuesta, siendo ésta significativamente mayor que la producida por 300 lbs/mz.
4. La aplicación de 1,000 lbs/mz. aumenta el rendimiento significativamente más que los demás tratamientos.

Suelo B.

1. Los tratamientos de 50, 100 y 150 lbs/mz. no produjeron respuesta.
2. Los tratamientos de 300 a 1000 lbs/mz. produjeron respuesta.
3. Las aplicaciones de 50 a 600 lbs/mz. no difieren significativamente, consideradas en conjunto, de las aplicaciones de 300 a 1000 lbs/mz.

Suelo C.

1. Los tratamientos de 50 a 600 lbs/mz. no produjeron respuesta.
2. La aplicación de 1000 lbs/mz. produjo respuesta, pero su efecto no difiere significativamente del producido por 600 lbs/mz.

Suelo D.

No hubo significancia en la prueba de F.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En ningún caso, aún en el suelo más bajo en Potasio Soluble, hubo respuesta a las aplicaciones de 50, 100 y 150 lbs/mz. Esto permite deducir que estas aplicaciones son muy bajas para producir efecto sobre el crecimiento del A. niger.

Pero si tomamos en cuenta que en esta prueba el potasio aplicado se encuentra uniformemente distribuido por todo el suelo, dadas las condiciones del experimento y en cambio, en un cultivo de campo el fertilizante se coloca cerca de las plantas, dejando una gran parte del terreno sin recibir fertilizante. Estos niveles aplicados a un cultivo de campo, podrían producir respuesta, dado que el fertilizante se "concentra" cerca de las plantas. En otras palabras, hay que tomar en cuenta la forma y época de aplicación del fertilizante, así como los hábitos de la planta cultivada, u otros factores que se juzguen de importancia para la correcta interpretación de los datos obtenidos en este experimento.

Por simple inspección de la tabla III, (pag.32) y tomando en cuenta la diferencia mínima significativa, se nota que los incrementos de 50 lbs/mz. no tienen efecto sobre el peso del micelio. El incremento de 100 lbs/mz. no produjo efecto

ni en el caso de la aplicación de 100 lbs/mz. con respecto al testigo (0.00 lbs/mz.), ni en el caso de la aplicación de 600 lbs/mz. con respecto a la de 500. El incremento de 150 lbs/mz. no produjo tampoco ningún efecto ni con respecto al testigo, ni en el caso de la aplicación de 300 lbs/mz. en relación con la de 150.

Sólo cuando se incrementa la aplicación en 300 lbs/mz. es que se nota un aumento significativo en el peso del micelio, indicando que los incrementos en las aplicaciones deben ser por lo menos de 300 lbs/mz.

La respuesta a 300 lbs/mz., sólo se presentó en los suelos A y B, que eran los más bajos en potasio soluble, pero fue más significativa en el suelo A, debiéndose ésto a su menor contenido de potasio soluble.

Aplicaciones de 500 y 600 lbs/mz. produjeron la misma respuesta en todos los casos. La respuesta producida es de mayor significación en el suelo A, que en el B. Los suelos C y D no produjeron respuesta y ésto concuerda con sus contenidos de potasio.

La aplicación de 1000 lbs/mz. sólo en el suelo D, no produjo respuesta, lo cual está de acuerdo con su alto contenido de potasio. En el suelo C, que tiene más potasio que el

suelo B, la respuesta a 1000 lbs/mz. fue más significativa que en el suelo B, pero en este suelo hubo respuesta a las aplicaciones menores de 1000 lbs/mz, hasta las 300 lbs/mz. lo cual no sucedió en el suelo C. Esto podría indicar que es necesario una mayor aplicación para producir respuesta entre más potasio asimilable tenga el suelo sin enfatizar la posible influencia de diferencias intrínsecas entre los cuatro suelos estudiados. En el suelo B, es posible como lo indica el análisis estadístico y la curva de crecimiento, que desde las 300 lbs/mz. de K_2O aplicado, se haya alcanzado el equilibrio fisiológico del hongo en el suelo. La explicación de este fenómeno puede encontrarse haciendo un estudio más detallado de este suelo que incluya la capacidad intercambiable y su análisis mecánico.

Un poder intercambiable alto, combinado con un bajo porcentaje de saturación de bases, puede producir un efecto de fijación de potasio, pero como las plantas se apropian de los cationes con más fuerza que el suelo, es posible que las dosis pequeñas sean absorbidas antes que el suelo las fije y producir así respuesta. Las dosis más grandes al ser fijadas en parte producen el mismo efecto que las dosis pequeñas.

La propiedad de fijar cationes está relacionada íntimamente con la textura del suelo. Un suelo franco limoso, como el suelo B, puede tener esta propiedad.

El grado de respuesta a las aplicaciones de K_2O , acusa evidente correlación con el contenido de potasio extraíble en HCl 0.1N y estuvo de acuerdo con las clasificaciones dadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Nicaragua.

Estas clasificaciones son:

Muy bajo	0-250	Lbs/mz. de K_2O	
Bajo	250-750	"	"
Medio bajo	750-1325	"	"
Medio	1325-1950	"	"
Medio alto	1950-2450	"	"
Alto	2450	"	"

El comportamiento de los suelos estudiados en relación con el contenido de potasio soluble, fue el siguiente:

Suelo	Clasificación	Potasio Soluble	Respuesta a
		Lbs/mz. de K_2O	Lbs/mz. de K_2O
A	Bajo	370	100a300;500-600;100
B	Bajo	690	300 a 1,000
C	Medio	1450	1,000
D	Alto	3500	No hubo

En vista de que las aplicaciones de 50, 100 y 150 lbs/mz no produjeron respuesta en ningún caso y que la de 300 lbs/mz dió el mismo resultado estadístico que 100 y 150 lbs/mz. en el suelo C, que fue el que respondió más, se recomienda para futuros experimentos de la misma índole, usar la dosis de 300, 600, 900, 1,200 lbs/mz. de K_2O , etc. para medir la respuesta.

R E S U M E N

Se midió la respuesta a la fertilización con potasio, usando el método de Mehlich para potasio soluble con Aspergillus niger, en cuatro suelos de Nicaragua que contenían 370, 690, 1450 y 3500 libras de K_2O por manzana respectivamente. A estos se le aplicaron tratamientos de 0, 50, 100, 150, 300, 500, 600 y 1,000 libras de K_2O por manzana.

Entre 50 y 150 lbs/mz. de K_2O aplicadas, no hubo respuesta. Aplicaciones de 300 lbs/mz. produjeron respuesta en relación proporcional inversa al contenido de K_2O soluble de los suelos.

Aplicaciones de 500 y 600 lbs/mz. produjeron la misma respuesta y sus efectos estuvieron también en relación inversa al contenido de K_2O soluble.

Las aplicaciones de 1,000 lbs/mz. produjeron respuesta en todos los suelos, excepto en el D alto en K_2O disponible.

El grado de respuesta concordó con el contenido de K_2O extraíble en HCl 0.1N.

B I B L I O G R A F I A

1. Allen, C.N. Experiments in Soil Bacteriology, Burgess Publishing Co. (1953) : 127 p.
2. Boltz, D.F., Editor, Colorimetric Determination of nonmetals. Interscience Publishing, Inc. (1958) 384 p.
3. Eno, Ch.F., and Reutzer, H.W., Potassium Availability from Biotite, Muscovite, Greensand and Microcline as Determined by Growth of *Aspergillus niger*, Soil Sc., 80 (1955) : 199-209
4. de la Loma, J.L., Experimentación Agrícola. UTEHA (1955): 430 p.
5. Fitts, J.W., Using Soil Tests to Predict a Probable Response From Fertilizer Application. Better Crops with Plant Food 39 No.3 (1955) : 17-20; 40-41
6. Gilman, J.C., Manual de los Hongos del Suelo. Compañía Editorial Continental S.A. (1963) : 572 p.
7. Jackson, M.L., Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc., (1960) : 498 p.
8. Jenny, H. Vlamis J., and Martin, W.E., Greenhouse Assay of Fertility of California Soil, Hilgardia 20 (1950) : 1-8
9. Jacob, A. y von Uexküll, H., Fertilizacion Internationale Handelmaatschappij voor Meststoffen N.V. Amsterdam (1961) : 626 p.
10. Mehlich, A., and Fred, E.B., The Aspergillus Niger Method of Measuring Available Potassium in Soil, Soil Sc., 35 (1943) : 259-279
11. Olsen, S.R. and Shaw, B.T., Chemical, Mitscherlich, and Newbauer Methods for Determining Available Potassium in Relation to Crop Response to Potash Fertilization, Jour. Amer. Soc. Agr., 35 (1943) : 1-9.

12. Parker, F.W., Nelson, W.L., Winter, E., and Miles, J.E., The Broad Interpretation and Application of Soil Test Information, Agron. Jour 43 (1951): 105-112
13. Pelczar Jr., M.J., et al., Manual of Microbiological Methods, Society of American Bacteriologists. Mc Graw Hill Book Co. (1957) : 315 p.
14. Richard, L.A., Editor, Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual de Agricultura No.60 USDA (1954) Traducción al Español de 1962.
15. Saiz del Río, J.F. y Bornemisza, E., Análisis Químico de Suelos. Métodos de Laboratorio para Diagnósis de Fertilidad. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (1961). Turrialba, Costa Rica: 107 p.
16. Thompson, L.M., Soil and Soil Fertility, McGraw Hill Book Co. (1957) : 451 p.
17. Tisdale, S.L., and Nelson, W.L., Soil Fertility and Fertilizer. McMillan Co. (1956) : 430 p.
18. Viets Jr., F.G., and Hanway, J.J., How to Determine nutrient Needs. Yearbook of Agriculture, USDA (1957): 784 p.
19. Waksman, S.A., Soil Bacteriology. John Wiley and Son, Inc., (1952) : 356 p.
20. Waksman, S.A., Three decades With Soil fungi. Soil Sc. 58, (1944) : 89-114.

TABLA I

Consumo de Fertilizantes en miles de toneladas métricas

	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	Mundial	Nicaragua	Mundial	Nicaragua	Mundial	Nicaragua
1950	3800		5900		4000	
1953	5300		6700		5400	
1956	6600		7900		6800	
1960	9200	1.43	9700	1.1	8200	0.76
1961	10200	3.74	9800	1.92	8500	1.26
1962	10700		10100		8600	

TABLA II

Datos de las muestras estudiadas, obtenidas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Nicaragua (muestras A y C) y por SOTESA (muestras B y D)

Muestra	Nivel de K ₂ O Soluble	Textura	Cultivo Habitual	Procedencia
A	Bajo	Franco Arcilloso	Café	Hda. El Limón, Managua
B	Bajo	Franco limoso	Algodón	San Isidro, Matagalpa
C	Medio	Franco Arenoso	Café	Hda. Mombacho Granada
D	Medio alto	Franco	Algodón	Valle Gottel, Managua

TABLA III

Resultado de los ocho tratamientos en los suelos estudiados (peso de cuatro micelios en gramo de materia seca).

Lbs/mz K ₂ O									D.M.S.
	0	50	100	150	300	500	600	1000	
Suelo A	2,46	2,41	2,54	2,57	2,68	3,03	2,88	3,32	0.18
Suelo B	3,31	3,52	3,62	3,58	3,75	3,61	3,70	3,88	0.29
Suelo C	3,68	3,61	3,78	3,82	3,83	3,98	4,04	4,47	0.45
Suelo D	4,64	4,59	4,59	4,56	4,60	4,63	4,60	4,63	N.S
Curva de Crecimiento	1,41	1,53	1,76	1,67	1,87	1,98	2,12	2,45	

TABLA IV

Cuadrados medios de los análisis de varianza correspondiente a los tratamientos en los suelos estudiados.

Fuente de variación	GL	Suelo A	Suelo B	Suelo C	Suelo D
Tratamiento	7	250 **	68 *	183 **	1.86
Repeticiones	3	17	1.33	17	1.33
Error	21	10	24	59	6.5

* Significación a 5% de Probabilidad

** Significación a 1% de Probabilidad

TABLA V

Peso seco de los tratamientos 0.0 lbs/mz. comparado con el contenido de Potasio soluble en los cuatro suelos estudiados.

Potasio soluble			Peso seco de 4 micelios
Suelo	A	370	2.46
	B	690	3.31
	C	1450	3.68
	D	3500	4.64

TABLA VI

Peso seco en relación con la respuesta a las aplicaciones de K_2O (media de todos los tratamientos que recibieron potasio).

	Peso sin K gm/4 micelios	Peso con K gm/4 micelios	%
A	2,46	2,78	88.5
B	3,31	3,65	91
C	3,68	3,93	93.4
D	4,64	4,60	100

FIGURA N°1

RELACION ENTRE EL VALOR DE LA PRODUCCION
Y LA CANTIDAD DE FERTILIZANTE APLICADO.
TOMADO DE VIETS Y HANWAY (18)

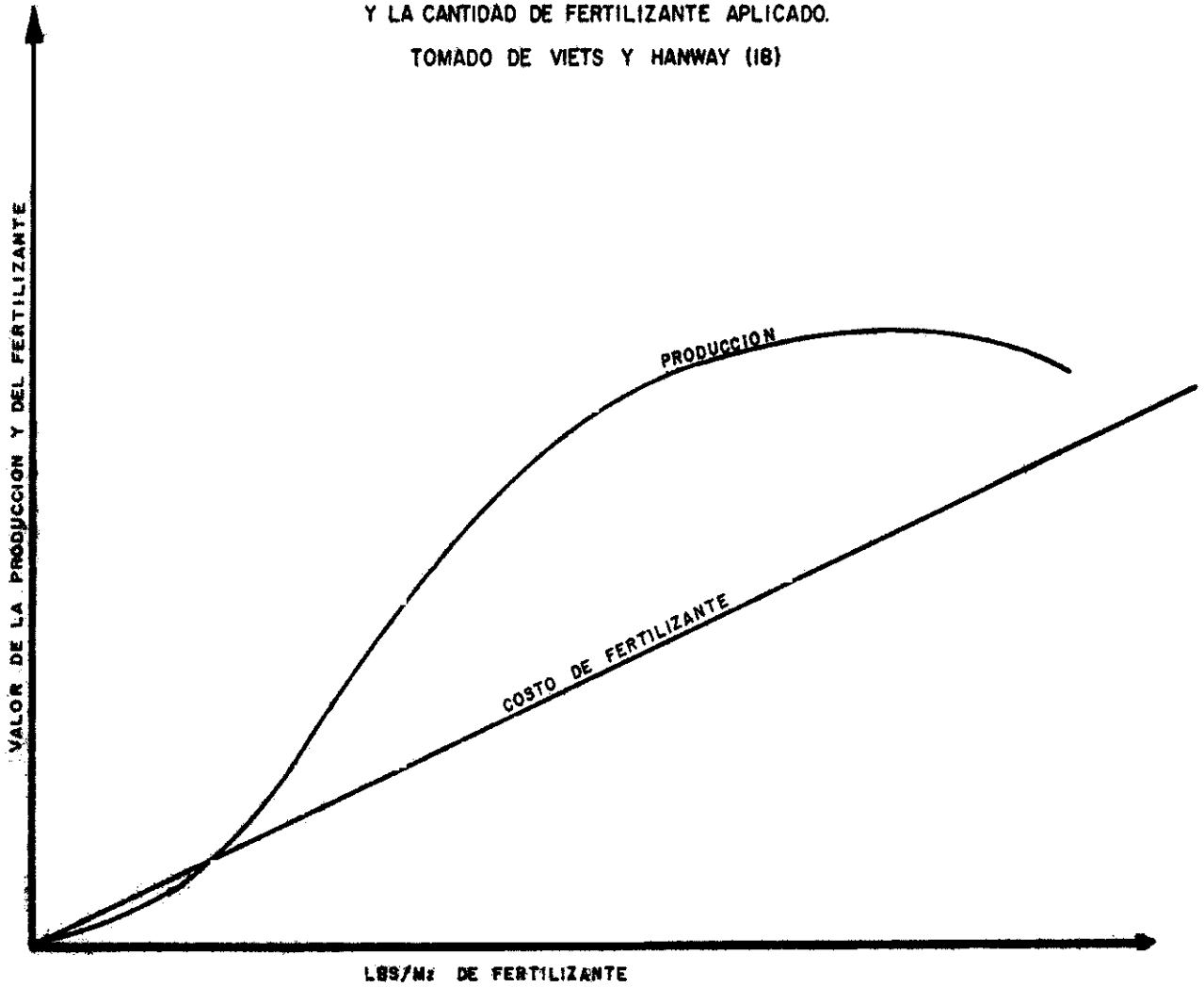
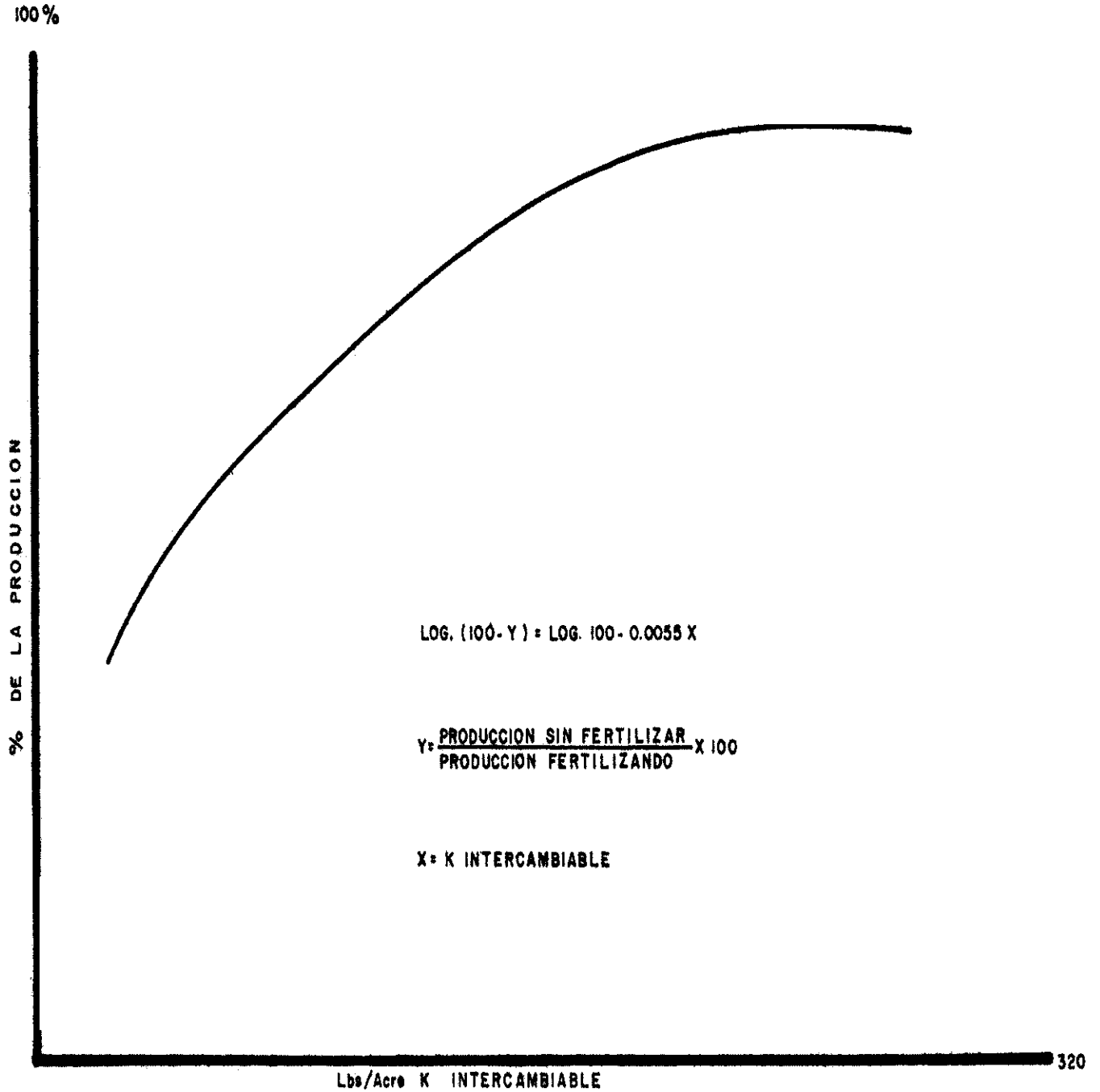


FIGURA N° II

RELACION ENTRE EL POTASIO INTERCAMBIABLE
Y LA PRODUCCION DE MAIZ
TOMADO DE THOMSON (16)



Peso medio de un micelio.

FIGURA N° III

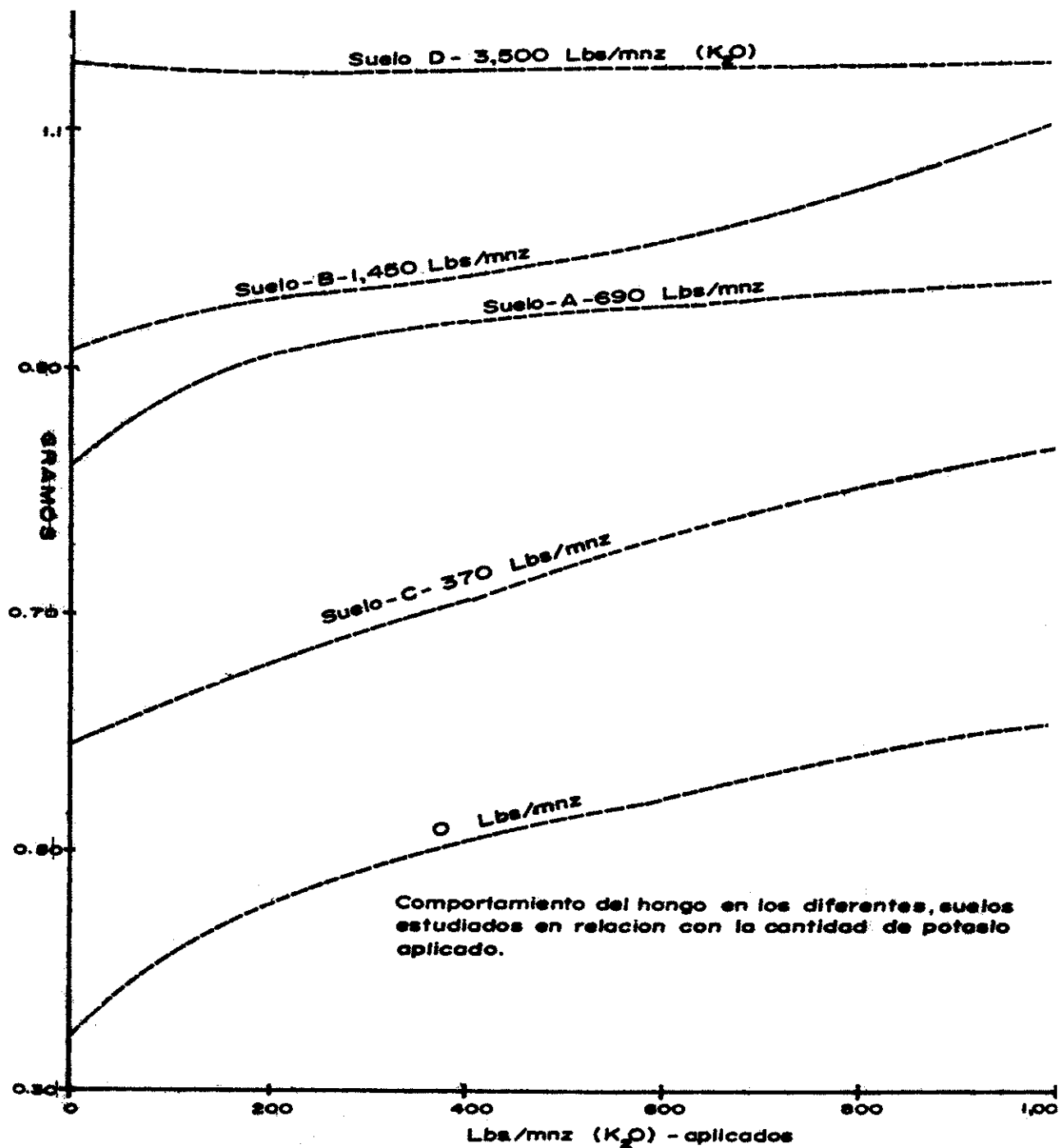
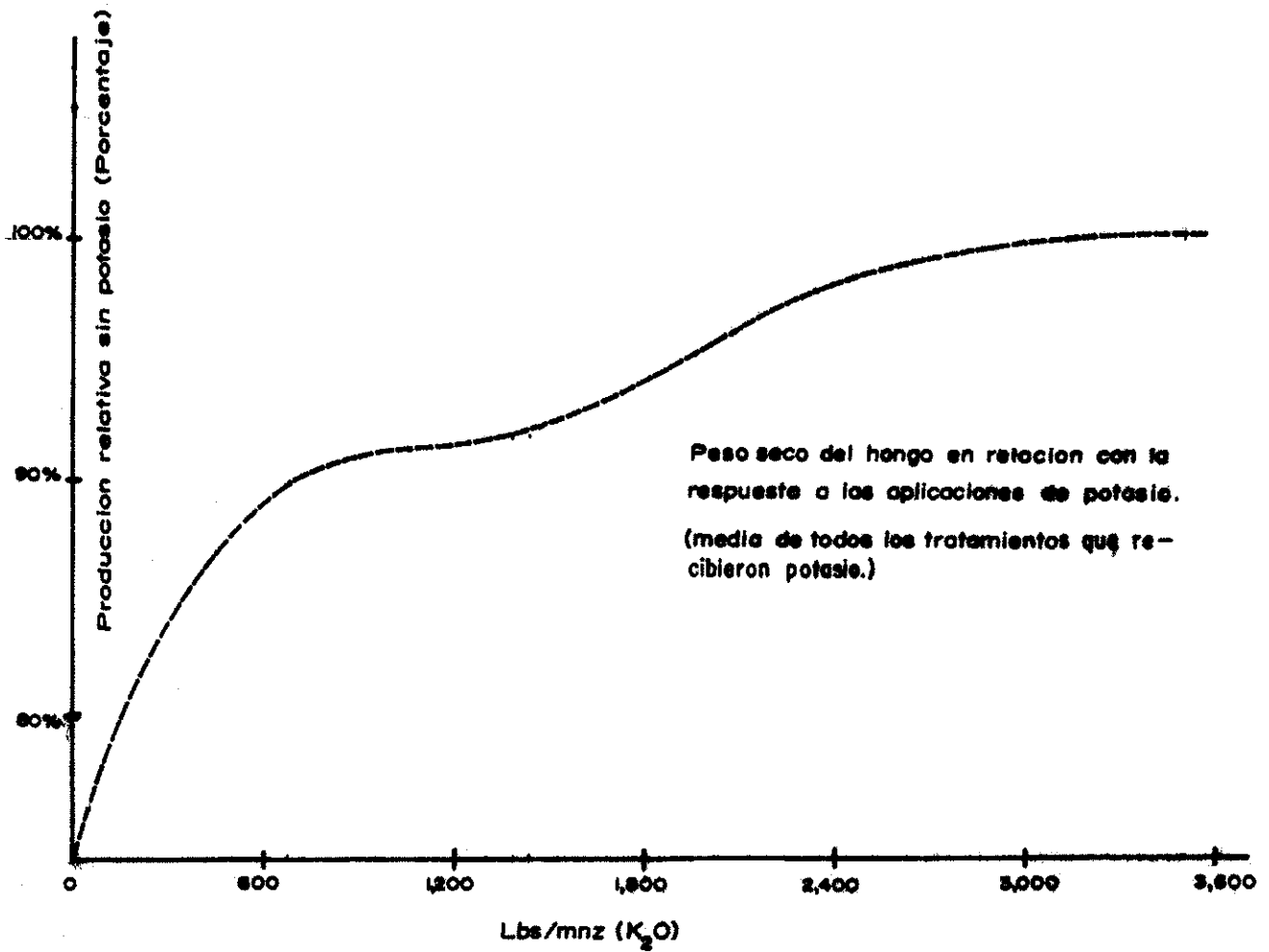


FIGURA Nº IV



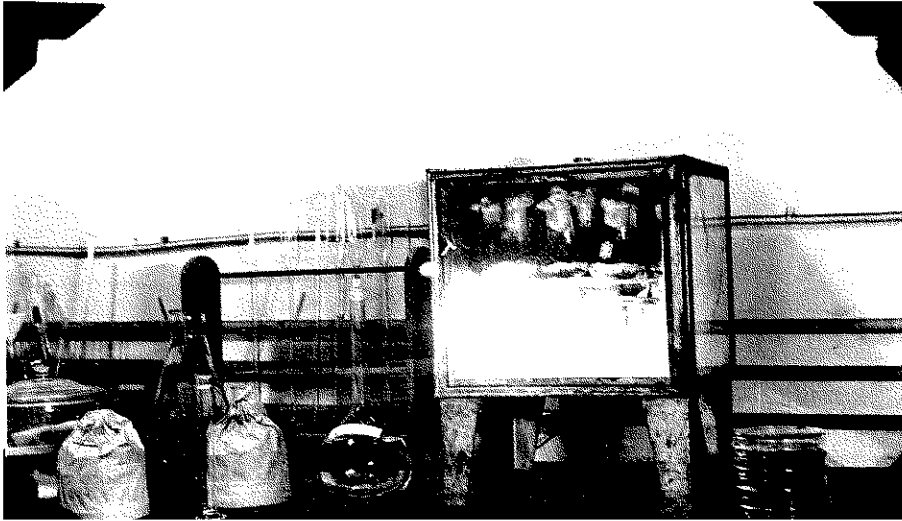
A P E N D I C E



Fotografía 1.
Incubación



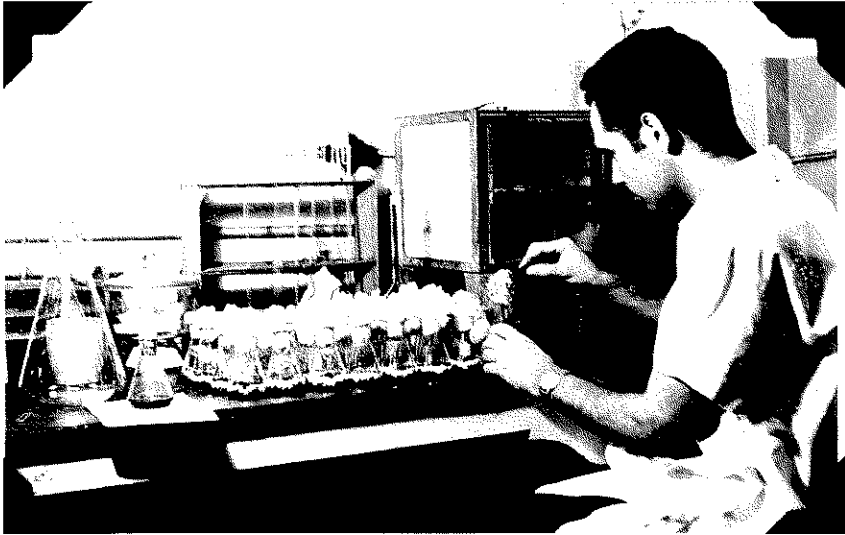
Fotografía 2.
Cultivo de 4 días, listos para cosecharse



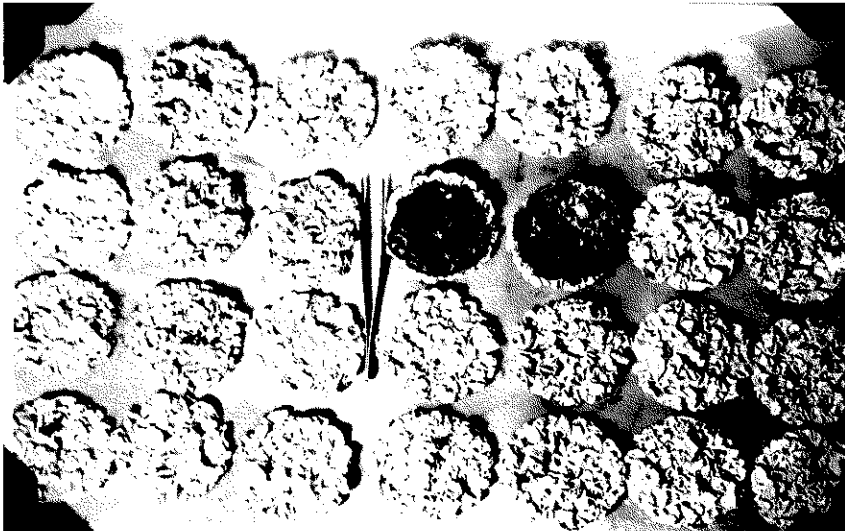
Fotografía 1.
Incubación



Fotografía 2.
Cultivo de 4 días, listos para cosecharse



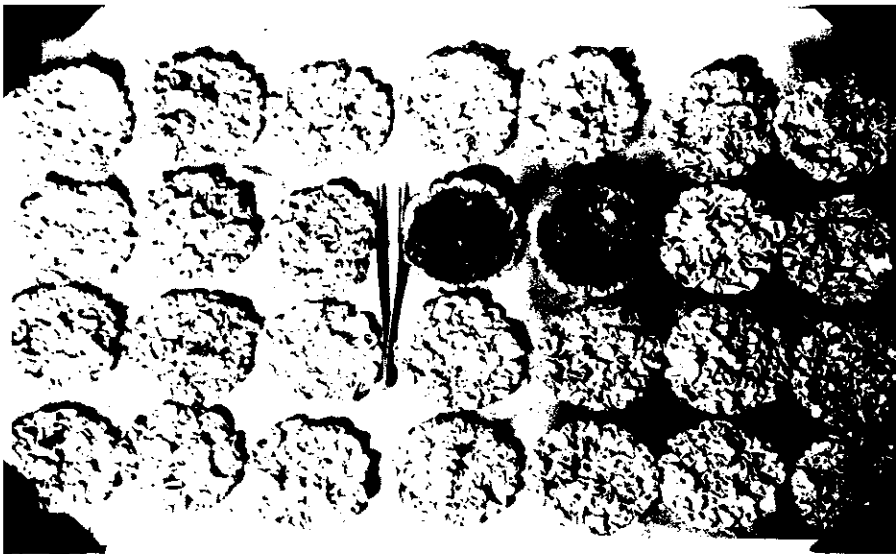
Fotografía 3.
Removiendo los micelios



Fotografía 4.
Vista de los micelios producidos en uno de los
suelos estudiados



Fotografía 3.
Removiendo los micelios



Fotografía 4.
Vista de los micelios producidos en uno de los
suelos estudiados