LIXIVIACION ARTIFICIAL DE POTASIO EN PLANTAS DE CACAO Y SU RELACION CON LA ANTRACNOSIS FOLIAR (*COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES* PENZ)

Por
José Paredes Grieve

Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas de la OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Abril de 1967

LIXIVIACION ARTIFICIAL DE POTASIO EN PLANTAS DE CACAO Y SU RELACION CON LA ANTRACNOSIS FOLIAR (*COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES* PENZ)

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado
de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA : _____ Consejero
Ludwig Müller, Ph.D.

_____ Comité
Hans Trojer, Ph.D.

_____ Comité
Francisco Díaz, Ing. Agr.

_____ Comité
Fermín Balerdi, M.S.

Abril 1967

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar sus sinceros agradecimientos al Consejero Principal, Dr. Ludwig Müller, por su valiosa ayuda y acertada dirección que hicieron posible la ejecución de esta tesis y a quien pertenecen muchas de las ideas originales de este trabajo.

A los miembros del Comité Consejero, Dr. Hans Trojer e Ingenieros Francisco Díaz y Fermín Balerdi, por su asesoramiento y difusión de algunos conocimientos básicos.

Al Profesor Rodrigo Umaña, del Instituto de Estadística de la Universidad de Costa Rica, por su ayuda en los análisis estadísticos e interpretación de los resultados experimentales.

A la Agency for International Development y North Carolina State University que otorgó la beca y ayuda financiera para la ejecución de este trabajo. Al Servicio de Investigación y Promoción Agraria (SIPA) del Perú, por haberle brindado la oportunidad de realizar estudios post-graduados.

Al Dr. B. H. Waite, por su colaboración en la traducción de algunas enfermedades de nombres comunes. Al Dr. Hans Fassbender y Sr. Hernán Granados, por su ayuda en el uso del fotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 303.

Al personal del laboratorio de Fisiología Vegetal, a los compañeros de estudio y miembros del I.I.C.A. que en una u otra forma le prestaron su gentil colaboración.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Lima, Perú, en el año 1930.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de La Plata, Argentina, graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1955.

En Junio de 1956 realizó un entrenamiento en el Instituto Nacional La Estanzuela, Colonia, Uruguay.

En Octubre de 1957 fué nombrado Adjunto al Departamento de Arboricultura de la Estación Experimental de Tingo María y posteriormente Especialista Zonal de la Zona Agraria IX del Perú. En Enero de 1959 fué becado por la AID para realizar un curso de entrenamiento en cacao en el I.I.C.A.

En Setiembre del mismo año fué becado por la Zona Andina del I.I.C.A. para asistir al curso de Bases Fisiológicas para la producción agrícola.

Realizó sus estudios postgraduados en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA desde Setiembre de 1965 hasta Abril de 1967, mediante una beca concedida por la AID/North Carolina State University.

TABLA DE CONTENIDO

Pagina

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

Figura: Página

INTRODUCCION

La lixiviación es un vocablo que indica el proceso de separación de una substancia soluble de otra que es insoluble por lavado con algún disolvente como el agua. Puede también describirse como un tipo de extracción en el cual, la fase sólida se disuelve en la fase continua, de la cual los sólidos luego pueden recuperarse por medio de una separación (10).

En la naturaleza es frecuente la ocurrencia de lixiviación, siendo la lluvia, el agente principal de este proceso que en las plantas se conoce con el nombre de "lavado de nutrimentos", fenómenos comprobados mediante el uso de radioisótopos. Los nutrimentos perdidos, no siempre son recuperados nuevamente por la misma planta; pueden ser fijados en los coloides del suelo o se pierden por percolación en la solución edáfica. También pueden ser absorbidos por otras plantas cultivadas que se encuentran en asociación o por malezas si hay

La pérdida de nutrimentos por lixiviación, está relacionada directamente con la función de los mismos en los procesos metabólicos y en la forma en que ellos están incorporados.

El potasio, está considerado como uno de los elementos que más facilmente se pierden por efecto de lixiviación,

debido a que se encuentra en las células principalmente como catión libre.

Los fisiólogos han demostrado que, el potasio es un elemento indispensable para el crecimiento de los vegetales y han podido aclarar algunas de sus funciones en la planta; así interviene en la síntesis de los hidratos de carbono, de proteínas, en la reducción de los nitratos, en la división celular, etc. Los tejidos meristemáticos contienen normalmente la mayor concentración de potasio, mientras que en órganos más viejos, como hojas maduras, su concentración es menor.

Se han estudiado y descrito los síntomas visibles de la carencia de potasio en la mayoría de las plantas cultivadas, habiéndose comprobado que además de la disminución del crecimiento y de las cosechas, la carencia de potasio provoca efectos secundarios tales como, debilitamiento en la capacidad de resistencia a las heladas y sequías y mayor sensibilidad a los ataques de insectos y criptógamas. La disminución de la resistencia al ataque fungoso, debido a una fertilización defectuosa con potasio, es conocida desde hace mucho tiempo. Son principalmente, organismos debilmente patógenos que pueden atacar solamente plantas debilitadas por la deficiencia de potasio y los cuales disminuyen considerablemente su actividad patógena, cuando el suministro de este elemento se vuelve adecuado.

Las plantas de cacao como otras plantas que se desarrollan en un medio donde la precipitación es alta, muestran mucha susceptibilidad a infecciones fungosas.

Observaciones en el campo, han indicado que tal ataque es mayor inmediatamente después de una lluvia fuerte y prolongada. Se atribuye tal fenómeno, a la mayor dispersión de esporas y conidios por las gotas de agua; sin embargo, existe también la posibilidad de que la lixiviación de las plantas de cacao, tenga alguna conexión con el aumento de ataque a consecuencia de una precipitación alta.

El presente trabajo, se diseñó con el objeto de estudiar la posible relación entre el contenido de potasio y el ataque del Colletotrichum gloeosporioides, hongo responsable de antracnosis en plantas jóvenes de cacao, mediante el proceso de lixiviación artificial. Esta provoca una pérdida de potasio en las plantas, las cuales son sometidas luego a la acción del hongo.

El estudio comprende los siguientes aspectos:

1. Análisis foliar de las hojas de cacao para determinar el contenido de potasio en la planta.

2. Análisis cuantitativo del potasio lixiviado por planta y por tiempo de lixiviación.

3. Establecer el grado de infección del Colletotrichum gloeosporioides Penz, en relación a la pérdida de potasio en plantas lixiviadas y no lixiviadas.

4. Determinar la relación del grado de infección con diferentes tiempos de lixiviación.

5. Determinar la influencia del tiempo de descan-

so que se le da a la planta para que sea capaz de recuperarse de la acción del lixiviado frente al ataque del hongo.

6. Relacionar la acción de abonos potásicos con el grado de infección de este hongo.

REVISION DE LITERATURA

I. Lixiviación

El proceso de lixiviación es conocido desde hace mucho tiempo. Uno de los primeros trabajos al respecto fué el de De Saussure en 1805, quien encontró algunas sales alcalinas en el agua que había estado en contacto con las hojas de una planta (9, 55, 56, 57).

Arens en 1934, citado por Tukey Jr. et al. (57), indicó que la hoja constituía un órgano activo de excreción, fenómeno que tiende a ajustar la planta a su medio ambiente. Este principio le indujo a dividir a las plantas en dos grandes grupos: primeramente aquellas que se caracterizan por contener altas concentraciones de sales y aquellas que no las tienen.

Las plantas, al estar sometidas a la acción de este proceso, pierden nutrimentos. Esta pérdida puede ocurrir por simple difusión o también por el proceso de intercambio iónico con el H^+ y el HCO_3^- del agua de lluvia como lo comprobó Wittwer (65).

Tukey Jr. et al.(57), establecieron una clasificación de acuerdo con la facilidad de lixiviación de los nutrimentos minerales de hojas jóvenes en plantas de frijol y calabaza por un tiempo de 24 horas de lluvia artificial:

1. Elementos fácilmente lixiviables como el Na^{24} y Mn^{54}

2. Elementos moderadamente lixiviables como el Ca^{45}, Mg^{28}, S^{35}, K^{42}, Sr^{90} y I^{90}.

3. Elementos dificilmente lixiviables como el Fe^{55}, Zn^{65}, P^{32} y Cl^{36}.

El elemento nitrógeno puede ser lixiviado tanto en la forma orgánica como inorgánica (55).

Tukey Sr. y Tukey Jr. (58) demostraron que las plantas pierden elementos minerales por lixiviación de la parte aérea y correlacionaron el efecto de estas pérdidas con la susceptibilidad a enfermedades y desordenes fisiológicos.

Stenlid (51) estableció la existencia de muchas posibles causas implicadas en la pérdida, en el contenido mineral de las plantas y la importancia de los órganos de las plantas. Los puntos importantes se agrupan como sigue:

1. Traslado de las sustancias nutritivas a otras partes de la planta.

2. Efectos de lixiviación de las soluciones edáficas por la acción de la lluvia.

3. Efectos de lixiviación por la acción de la lluvia y el rocío.

4. Secresión, gutación, exudación y además, pérdida de gases desde diferentes partes de la planta.

Tukey Jr. y Mecklenburg (54) estudiaron el fenómeno de la recirculación de los nutrimentos lixiviados para determinar su distribución en la naturaleza y establecer más claramente sus implicaciones en la nutrición de las plantas. Estos autores, usando sustancias radiactivas, determinaron la recirculación de los elementos lixiviados, debido a la absorción nuevamente por las raíces.

Rodríguez (42) en un trabajo reciente con plantas de cacao del clon UF 667 demostró que por efecto de lluvia artificial con agua desmineralizada, el potasio se perdía en cantidades mayores que los otros elementos, como el calcio y el magnesio, al someter las plantas a un período de 24 horas de lixiviación artificial.

II. El Potasio y su Relación con Enfermedades

Trabajos de investigación (5, 11, 39, 40, 49), han demostrado que el potasio eleva la resistencia de las plantas contra el ataque de las enfermedades.

Se ha comprobado (49) que ataques de *Sclerotinia trifoliorum* en el trébol son más violentos y hasta desvastadores en los suelos que acusan carencia de potasio, al igual que los ataques de *Phytophthora infectans* y de *Corticium solani* en la patata, y de *Diplodina lycopersici* en los tomates. En la remolacha los ataques de *Pythium* de *barzamim* son más violentos en suelos pobres de potasio, observándose al mismo tiempo que en plantas jóvenes la resistencia al ataque es menor. En otros casos se ha comprobado que algunas enfermedades se intensifican bajo el efecto de un abonado demasia-

do fuerte de nitrógeno solo (49).

Doak (13) en 1931, comprobó la importancia del potasio en disminuir la susceptibilidad del trigo a la roya de la hoja. Glynne (17), trabajando con la misma planta, observó que la enfermedad del "mildew" era mayor en parcelas que recibían nitrógeno concentrado; este nitrógeno extra aumentó la enfermedad y en parcelas con potasio la enfermedad fué reducida; el autor consideró que el ataque menor del "mildew" puede ser atribuído razonablemente, al menos en parte, a la actividad del potasio.

Smith (47) demostró que la aplicación de potasio, reducía la aparición de la enfermedad de la mancha del algodón debida a Fusarium vasinfectum.

Halevy (19) en experimentos efectuados también con algodón, demostró que uno de los principales factores que intervienen en el ennegrecimiento de la hoja, es la deficiencia de potasio asimilable existente en el suelo. Variedades distintas se comportan diferentes en la absorción del potasio, como el Alcalá 442 que aún en condiciones deficientes es capaz de absorber la cantidad de potasio que requiere; no así la variedad Alcalá 1517 que sufre de la deficiencia de potasio en igual condición que la variedad anterior, con los consiguientes síntomas de ennegrecimiento.

En un experimento efectuado por Wade (63), este autor observó que una mayor resistencia a la podredumbre encarnada de los albaricoques estaba asociada a un contenido elevado de potasio y recíprocamente. Igualmente, aunque menos pronunciado, encontró que los árboles con un contenido dé -

bil de nitrógeno son menos atacados que los que poseen un contenido elevado de este elemento. El autor considera que un aumento de la fertilización potásica puede constituir un procedimiento eficaz para reducir los efectos de la enfermedad.

El mismo autor (64) posteriormente observó que aplicaciones anuales desparramadas al suelo de cloruro de potasio a razón de 2 libras por árbol, mejoró el nivel de potasio de las hojas y ayudó a controlar la Esclerotinia fructícola en el albaricoque.

Chateau (11) trabajando con piña, demostró que la potasa, además de estar considerada como un elemento primordial en la nutrición y elaboración de los azúcares en la piña, parece producir por otra parte un efecto positivo en el tratamiento de la podredumbre de las raíces ("root rot") causada por Phytophthora cinnamoni; el autor observó también que con el uso de sulfato de potasa, la importancia de la enfermedad quedaba reducida sensiblemente en las Islas Hawaii; además, el sulfato de potasa no era cáustico y fomentaba favorablemente las calidades organolepticas.

Bogyo (5) aplicando abono potásico con estiércol de granja, provocó una disminución significativa de la frecuencia y gravedad de los ataques del tizón de la hoja del maíz, producido por Helminthosporium turcicum.

Sankarasubramoney et al. (44), consideran que las necesidades de potasio en el cocotero son muy superiores que en muchas otras plantas. Su hoja contiene 2% de potasio del peso seco y una deficiencia de potasio puede ser causa indirec

ta de las enfermedades al disminuir la resistencia de las plantas al ataque de los parásitos.

Pandlai y Menon (39) en experimentos realizados con abonos en Ceilán y la India, han demostrado de una manera convincente la eficacia del potasio en el aumento de la salud y capacidad para resistir a las enfermedades en el cocotero; al mismo tiempo, mejoró la calidad y su rendimiento.

Shands y Crittenden (45) trabajando con variedades de soya, demostraron la relación que tiene el nitrógeno y el potasio sobre un nemátodo que crece en nudos de la raíz de soya.

Rich (41), en tomate, encontró que alto contenido de potasio redujo significativamente el "Browming", debido al virus de mosaico; al mismo tiempo un alto nivel de fósforo tuvo poco efecto.

Mello (36) observó que en el tizón del arroz causado por Pericularia orizae, la susceptibilidad aumenta con fertilizaciones nitrogenadas, mientras que aplicaciones de potasio aumentaron la resistencia a la enfermedad.

Uexkuell (59), trabajando también con arroz, encontró que una deficiencia de potasio está considerada como un factor que predispone a la enfermedad de la mancha marrón causada por Ophiobolus miyabeamus.

Jones y Alexander (27), encontraron una correlación inversa, intensificada por una temperatura variable, entre la nutrición del potasio y el moteado del tomate inmaduro, el

cual es causado por el virus del mosaico del tabaco. La incidencia de la enfermedad incrementó con baja nutrición de potasio.

Singh (46) demostró que la incidencia del ataque de Helminsthosporium teres en la cebada, decrece con una alta dosis de potasio.

Primavesi (40) con resultados en base a 10 años de pruebas, dedujo que no solo bacterias, hongos y virus atacaban las plantas que antes padecían de insuficiencia de minerales, sino que también animales parásitos actuaban sobre ellas. En el caso de los parásitos, se trata evidentemente y con preferencia de falta de potasio. La fermentación del suelo y abonos potásicos aumentaban la resistencia de las plantas, no sólo por la simple absorción de potasio, sino también por el efecto sinergético sobre la absorción de zinc, manganeso y magnesio.

Laughlin (28) encontró que el potasio redujo la severidad de la mancha de la hoja del trebol producido por Heterosporium phlei; en aplicaciones altas de potasio, la enfermedad fué prácticamente eliminada.

En trabajos recientes Struchtemeyer (52) encontró que cuando se aplica potasio aumentando el suministro, también se incrementa la fuerza de la planta de patata para resistir a las enfermedades.

Griffith (18) demostró que muchas plantas enfermas se han recuperado con el uso de abonos potásicos. Bajo ciertas circunstancias, la deficiencia de potasio implica problemas

para la planta, siendo uno de ellos un lento crecimiento de los tejidos meristemáticos que no permite el reemplazo de tejidos enfermos.

III. La Antracnosis del Cacao

La planta de cacao (14) es atacada por gran número de diferentes insectos y sufre de muchas enfermedades como el marchitamiento del fruto de ocurrencia universal, la escoba de bruja, la hinchazón de los retoños, la podredumbre parda de la mazorca, la antracnosis foliar, etc. En plantas jóvenes y muy especialmente en los viveros de cadao, la antracnosis es una de las molestias más generalizada, causando la defoliación y muerte de las plantitas, ya sean propagadas por semillas o por estacas (25). Estos daños se conocen con el nombre de antracnosis foliar, reportados en casi todos los países donde se cultiva cacao (29). El agente causal de esta enfermedad es el hongo Colletotrichum gloeosporioides Penz (3, 29).

El daño más severo que ocasiona este hongo, cuando actúa independientemente, es una defoliación que se denomina punta desnuda ("bare-tip") por el aspecto que presentan las plantitas. Las hojas tiernas son muy susceptibles al ataque, pero también son afectados frutos y ramillas (20, 62).

Leibovit (29) considera que la antracnosis del cacao no solamente afecta el sistema foliar, sino que también compromete tallos, ramas, brotes, estípulas. En árboles adultos se presenta además, en los frutos. El mismo autor, trabajando con hojas tiernas y maduras encontró que en ho-

jas tiernas la infección se produce en ambas superficies de la hoja, no así en hojas maduras; la penetración por los estomas parece ser de mayor importancia.

Cuando el hongo se asocia con otros organismos infecciosos, bajo determinadas condiciones funcionales y ambientales, formando un complejo patogénico, causa en las plantitas de cacao la muerte descendente ("die-back"), igual que en el café (21, 53).

La antracnosis se caracteriza por lesiones necróticas en las hojas que varían en tamaño. Estas se presentan generalmente en forma de manchas circulares u oblongas que al unirse entre sí abarcan superficies extensas de forma irregular en la lámina de la hoja (30).

Hardy (20) en su manual, indica que las lesiones del hongo son de color pardo, ligeramente hundidas y bajo condiciones húmedas se forman sobre las manchas masas rosadas de esporas del hongo.

Aguirre (3) observó que por lo general la lesión se inicia como una puntuación clorótica localizada en la haz de la hoja y afecta el tejido del mesofilo intervenal que luego al necrosarse, toma una coloración café oscura o negra, pero siempre prevaleciendo un halo amarillo. En muchos casos la lesión se observa en el borde de la hoja provocando una distorción de la lámina foliar.

La importancia económica de esta enfermedad estriba principalmente en las pérdidas ocasionadas por la muerte de la planta y las que sobreviven a la infección se debi-

litan afectando su desarrollo normal (25, 43).

IV. Deficiencia de Potasio y Análisis Foliar

De Saussure en 1804, citado por Ulrich (60) fué posiblemente el primero en observar la variabilidad que existe en la composición de las cenizas de las plantas y su relación con el suelo donde crecen.

Cocil y sus colaboradores en 1954, citado por Lott *et al*. (31), observaron en Hawaii que el análisis de las hojas del café permitía determinar los niveles de potasio y carbohidratos en las plantas; ambos se hallaban íntimamente relacionados con el crecimiento y rendimiento de los arbustos. La aplicación de esos conocimientos permitió que se obtuvieran rendimientos más elevados.

Según Acquaye (2), el cacao es una planta que necesita mucho potasio. Por lo tanto, aplicando más fertilizantes potásicos, probablemente hasta cuatro veces la presente cantidad de 75 libras de K_2O por acre y por año, es el mejor camino de corregir la deficiencia en cacao y aumentar las reservas de potasio en el suelo. Aspersiones foliares de potasio pueden también ser útiles para corregir la deficiencia rapidamente, aunque no en forma permanente.

Hardy (20) considera la necesidad que tiene el cacao de fertilizantes y para producir buenas cosechas habría que aplicar cantidades elevadas de ellos.

En los cacaotales no son comunes los síntomas foliares

causados por deficiencias nutritivas, los más probables de presentarse son las deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio; es bastante común la quema de la hoja, causada por escasez de potasio en el suelo (20).

Loue (32), indica que los síntomas foliares en cacao aparecen si el contenido de potasio es menor de 0,75%, pero los contenidos comprendidos entre 0,7 y 1,1% son contenidos de deficiencia grave y entre 1,1 y 1,3% es seguro que hay una deficiencia incipiente; ésto indica que las plantas pueden padecer deficiencias graves sin presentar síntomas evidentes.

Acquaye (2) observó que los síntomas visibles de potasio en la hoja fueron en el rango de 0,5 a 0,6% de potasio/materia seca, cuando el intercambio de potasio en el suelo fué menor de 0,20 meq/100 g.

Muchos autores (4, 6, 15, 32, 37, 60) han estudiado las deficiencias por medio de cultivos en soluciones nutritivas. Se prepararon también láminas a colores para la identificación de los elementos minerales responsables de estos síntomas, estableciendo claves, con cuya ayuda es posible trazar el cuadro sintomático producido por la falta de un elemento determinado.

A continuación se resume la clave para los síntomas de deficiencia de potasio en cacao: las hojas más viejas de la planta son las más afectadas; los efectos en una hoja pueden ser localizados o generales. Hojas necróticas. Hojas viejas con márgenes necróticos; líneas divisorias entre el tejido necrótico y el sano pronunciadamente ondulado.

El análisis químico de los tejidos foliares y sus cenizas, ha probado ser de gran valor en la determinación del estado nutricional de plantas cultivadas; al mismo tiempo sirven para el diagnóstico aproximado de la necesidad de fertilizantes.

En el cacao, Fenna (16) considera que la principal dificultad de la aplicación del diagnóstico foliar consiste en lo difícil de obtener muestras de hojas cuya composición química represente verdaderamente el estado nutricional del árbol.

La composición química de las hojas de cacao varía considerablemente según el contenido de nutrientes aprovechables en el suelo, como también de otros factores ambientales: crecimiento, edad, y posición de las hojas y época del año en que se colectan (22,34).

Urhan (61) recomienda muestrear hojas de la misma edad fisiológica para que la muestra sea uniforme ya que la concentración de nutrientes en la hoja varía con su edad.

Acquaye (1) concluye recomendando para el caso de arboles de cacao que: 1) El muestreo debe ser hecho entre las 8 y 10:30 de la mañana, en día claro y soleado. 2) Deben ser tomadas 10 hojas de tamaño promedio por cada árbol, en la sombra y alrededor de la periferia de la copa a una altura que pueda alcanzar a mano un podador de cacao. 3) Las hojas deben ser tomadas de la posición No.1 (hoja madura más reciente) de la punta del brote. 4) La hoja entera debe ser usada para el análisis químico. 5) Donde exista gran cantidad de variabilidad de áreas locales que se desvíen de la normal, de-

ben ser muestreadas y analizadas separadamente. 6) Parcelas grandes deben ser subdivididas para el muestreo.

MATERIALES Y METODOS

I. Características del lugar donde se llevaron a cabo los experimentos.

El presente trabajo fué realizado en los invernaderos y laboratorios de Fisiología Vegetal, Patología Vegetal y Suelos de la Disciplina de Fitotecnia y Suelos del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en Turrialba, Costa Rica.

Las características del lugar corresponden (8, 26) a un clima cálido, húmedo, con temperatura promedio anual de 22.5ºC y una precipitación de 2.575 mm. El promedio anual de humedad relativa es de 87.9% y la luminosidad diaria de 4.79 horas. La situación geográfica del Instituto es de 9º 53' de latitud Norte y una altura de 602 metros sobre el nivel del mar.

II. Preparación del material vegetal.

Se usaron plantas de cacao de 1 a 7 meses de edad, según los diferentes experimentos realizados. Provenían de semillas de los clones Matina, UF 221 y SCA 12. Fueron sembradas en el invernadero en bolsas plásticas de 42 cm de largo por 29 cm de ancho.

Antes de sembrarlas se limpiaron y pelaron las semillas

en la forma siguiente: sobre una mesa de cemento se colocó aserrín en cantidad suficiente para cubrir todo el material. Luego se pusieron las semillas en el aserrín y se frotaron suavemente para eliminar la mayor parte del mucilago que tienen encima. Posteriormente se procedió a eliminar la testa, procurando no dañar el embrión o los cotiledones.

La siembra se efectuó directamente en las bolsas de polietileno que contenían suelo hasta la mitad del volumen. Para facilitar el drenaje, se perforaron las bolsas repetidas veces en el fondo antes de llenarlas.

La tierra con que fueron llenadas las bolsas plásticas que se usaron como macetas procedía de un suelo caracterizado como muy pobre en potasio, proveniente de la sección "Beneficio" del área del Instituto.

Las fechas de siembra se realizaron en forma escalonada, es decir, con intervalos de 40 días entre siembra y siembra de los grupos, con la finalidad de que las plantas tuvieran siempre aproximadamente una misma edad para los experimentos efectuados. En total, se usaron 650 bolsas para el presente trabajo. En cada bolsa se plantaron cuatro semillas en cruz. Después de su germinación, a los 2 meses de edad y antes de aplicar las dosis del abono potásico, se ralearon dejando solamente las dos plantitas más vigorosas y uniformes en cada bolsa.

III. Aplicación de abono potásico

Se procedió a aplicar el abono potásico en forma de una mezcla de ClK y SO_4K_2 en partes iguales a los dos meses

de edad de las plántulas. En un experimento,la dósis era de 2 gramos y en otro,de 6 gramos de dicha mezcla.

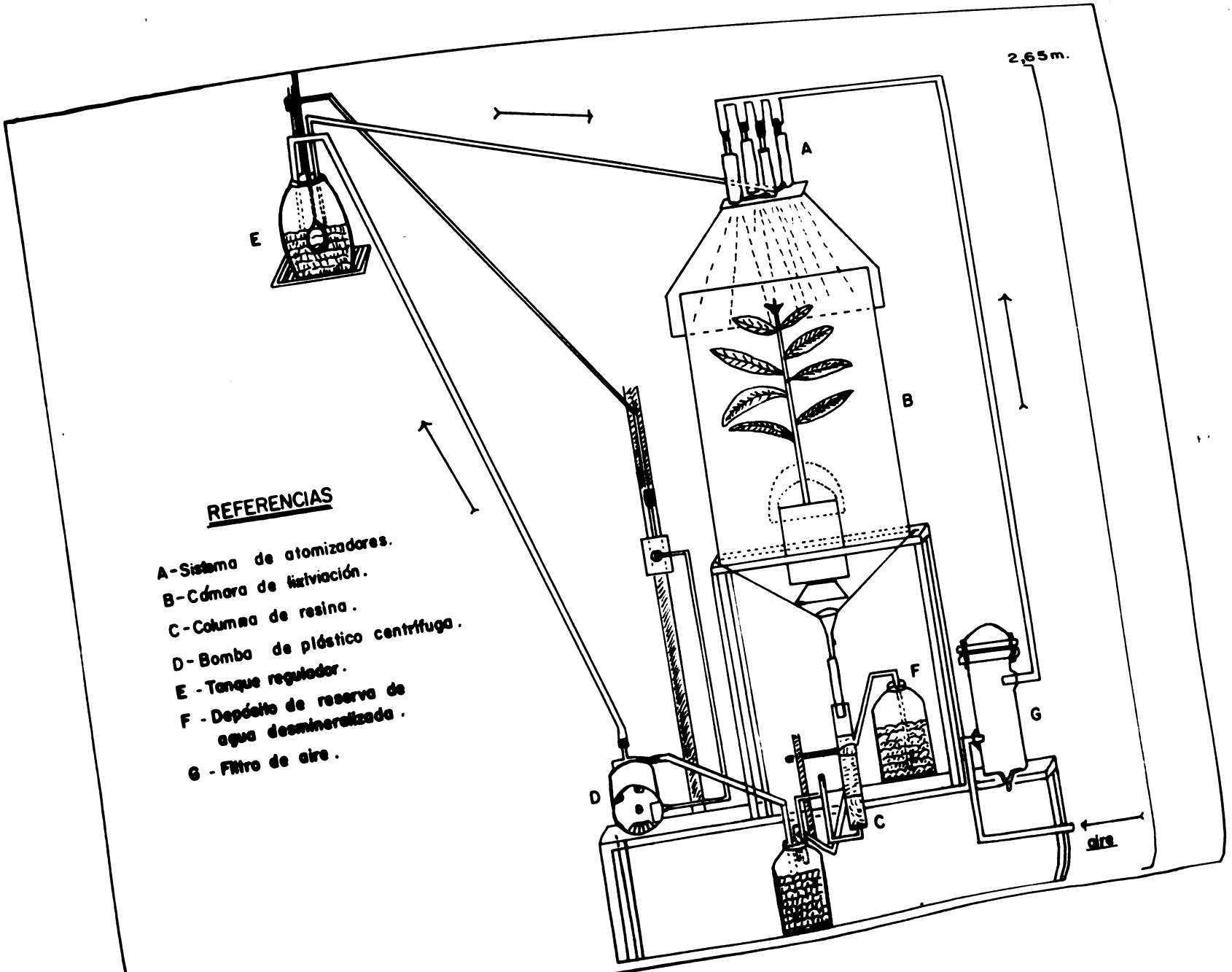
Los dos gramos de abono potásico de la mezcla,correspondían a 1.17 gramos de K_2O y los seis gramos,equivalían a 3.51 gramos de K_2O. La aplicación del abono,se hizo alrededor de cada plantita, en círculo, sobre un surco hecho con una paleta pequeña; luego se volcó tierra sobre el surco, tapando el abono y regando la maceta cada 2 días con pequeñas cantidades de agua,para evitar pérdida del fertilizante potásico por percolación o drenaje por exceso de riego.

IV. Aparato usado para la lixiviación de la planta

Este consiste de un sistema de atomizadores montado sobre una cámara de lixiviación, una columna de resina de intercambio iónico, una bomba plástica centrífuga, un tanque regulador y un depósito de agua (Figuras 1 al 5).

El agua empleada en el sistema de lixiviación era agua desionizada o desmineralizada, químicamente pura, libre de cationes y aniones. Esta agua se obtuvo mediante el empleo de resinas intercambiadoras de iones.

A. Cámara de lixiviación: Estaba formada por un cilindro de malla metálica de 80 cm de diámetro y 95 cm de altura, forrado interiormente con tela de polietileno que evita la contaminación de impurezas del medio ambiente. En la parte superior, a manera de techo, se encontraba el sistema de atomizadores. La parte inferior descansaba sobre una malla metálica



...ado para la lixiviación de las plantas.

FIGURA 2. Conjunto cámara de lixiviación. Atomizadores sin la cubierta protectora.

FIGURA 3. Cámara de lixiviación completa.

en forma de embudo cuyo diámetro en el borde superior era de 85 cm y de 7 cm en su borde inferior, forrado también con tela de polietileno y descansando a su vez sobre unos soportes de madera. La salida inferior tenía un pequeño embudo de plástico de 9 cm de boca que recogió el agua de lavado. Estaba conectado a un tubo de vidrio que contenía la resina. Después de pasar por ella, el agua por gravedad era recogida en un depósito plástico. Las plantas se colocaron sobre el embudo grande para ser sometidas al lavado (Figura 1).

B. Sistema de atomizadores: Este sistema consistió de cuatro atomizadores de la casa Spraying System Co., No.1/4 J con boquilla que les permitió trabajar con aire comprimido de una presión de 10 lbs/pulgada cuadrada. Las boquillas se sujetaron en una pequeña tabla de madera (Figura 4). El conjunto estaba ubicado en la parte superior y central del cilindro de la cámara de lixiviación. Las entradas de agua estaban conectadas al tanque regulador a través de mangueras de plástico. En esta manguera se conectó un filtro de poros finos para evitar que se taparan las boquillas con impurezas (algas). Las otras entradas estaban conectadas con mangueras plásticas al sistema de aire comprimido de un compresor eléctrico, Los atomizadores producían una fina llovizna en forma de cono sólido que humedecía uniforme y completamente el material sometido a la lixiviación. La intensidad de lluvia produci

da, correspondía a una precipitación de 0.2 milímetros por minuto, valor considerado como regular comparado con la intensidad de lluvia registrada en 26 horas de duración en Turrialba, y que fueron en promedio para Febrero, de 1.2 mm/minuto, y Octubre de 2.2 mm/minuto como máximas intensidades de lluvias registradas en el año 1966.

C. Columna de resina: Está formada por un tubo de vidrio de 38 cm de largo por 2.1/2 cm de diámetro (Figura 5). En la parte superior tenía un tapón perforado en el centro por el cual se colocó un tubito de vidrio que se conectó al embudo de plástico para recoger el agua de lavado. La parte inferior del tubo con la resina, estaba tapada con otro tapón de goma perforado que permitía la salida de un tubo de vidrio de menor diámetro. Para evitar la pérdida de resina, esta salida se cubrió con una malla muy fina. El vidrio pequeño tenía la forma de "U" invertida, con su parte superior alcanzando una mayor altura con respecto al nivel de la resina, con el objeto de mantener la resina sumergida siempre en agua para evitar la presencia de burbujas de aire que disminuye la eficiencia del intercambio iónico. Al mismo tiempo se redujo la intensidad del flujo de agua.

El extremo inferior del tubo en "U" desembocaba en un depósito de plástico que recibía el agua colectada y desmineralizada. Esta luego fué nuevamente conducida al tanque regulador por medio de una bomba eléctrica. En el tubo de resina se

introdujeron 20 ml de resina húmeda Amberlita IR-120 de intercambio catiónico, del tipo poliestireno sulfonado, con carácter fuertemente ácido. Su fórmula es $R.SO_3^- Na^+$ (forma sódica), que correspondió a una capacidad total de intercambio iónico en volumen húmedo, de 1.9 meq/ml/min. y en peso seco de 5 meq/g/min. (7, 11, 23, 24, 38). El proceso físico de intercambio iónico se generaliza con la ecuación química reversible (10).

$$A^- M_1^+ + M_2^+ \rightleftharpoons A^- M_2^+ + M_1^+$$

A^- representa una porción de la masa de resina.

M_1^+ el catión intercambiable de la resina.

M_2^+ los cationes lixiviados del follaje de la planta.

La resina fué adquirida de la casa Rohm & Haas, Washington Square, Philadelphia 5, Pa., U.S.A.

D. Bomba plástica centrífuga: La forma de operar, fué de succión y bombeo para elevar el agua y darle impulso en dirección al tanque regulador, a una velocidad variable entre 90 y 500 mililitros por minuto. Esta bomba consistió de un tambor con tubos de entrada y salida de material plástico (nylon y vinyl) para evitar la contaminación con sustancias extrañas al objeto del experimento.

Esta bomba fué adquirida de la fábrica Vanton

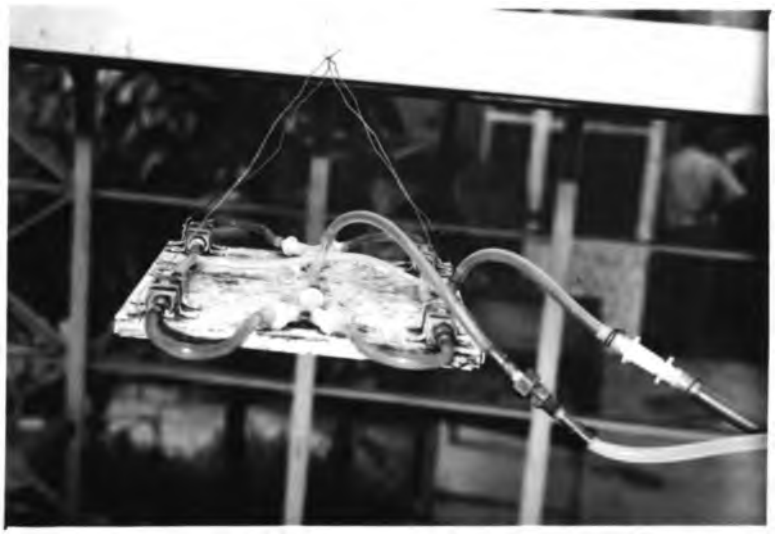


FIGURA 4. Conjunto de atomizadores de agua-aire. Obsérvese el filtro de agua (derecha).

FIGURA 5. Columna de resina con tubos en forma de "U". Al fondo, la bomba plástica. Abajo, el depósito plástico de agua desmineralizada.

Pumps and Equipment Corporation , Division of Cooper Ally. Corp., Hillside, N.J., U.S.A.

E. Tanque regulador: Era un frasco de vidrio de un galón de capacidad, con boca ancha. Se pintó por fuera de color negro para evitar el creci - miento de algas; sirvió de depósito de agua des mineralizada.

En su parte superior tenía un flotador hecho de material plástico, conectado a un interruptor eléctrico,que reguló el funcionamiento automá- tico de la bomba,para controlar la entrada y salida de agua del frasco. Un tubo de plásti- co,conectó con la bomba para la entrada del a- gua y el otro tubo lo unió con el sistema de a tomizadores.

El conjunto estaba colocado a mayor altura que el sistema de atomizadores,con el objeto de fa cilitar la conducción del agua por gravedad y se reguló la cantidad atomizada por medio de u na prensa colocada en esta manguera.

V. Medio de cultivo usado:

El medio de cultivo usado para Colletotrichum gloeos porioides Penz. fué Maltosa-Peptona-Agar "MPA"; las can tidades que se usaron fueron:

Maltosa	20 grs
Peptona	5 grs.
Agar	20 grs.
Agua	1000 cc.

Una vez pesados los compuestos químicos en las cantidades indicadas, se trasvasaron a un recipiente de 1.1/2 litro de capacidad. Se le agregó el agua destilada, se agitó y se calentó a baño María, hasta que el agar se disolvió con los demás componentes. El contenido se pasó a tubos de ensayo con tapones de algodón, que se llevaron al autoclave para su esterilización durante 30 minutos a 15 libras de presión. Después de retirar los tubos, se les inclinó sobre una mesa para la solidificación del medio quedando listo para realizar la inoculación del hongo.

La maltosa usada era de la casa Fisher Scientific Co. del tipo maltosa técnica. La peptona era de la DIFCO Certified Bacto-Peptone; el agar DIFCO-Bacto-Agar, Detroit, Michigan. La autoclave usada era de la marca Aetna, modelo No. A-6.

VI. Cámara de aislamiento

Constó de una caja de madera de 65 cm de largo, 50 cm de ancho y de 40 cm de alto en la parte mayor y de 22 cm de alto en la parte menor. Tenía una tapa de vidrio de 48 cm de largo por 32 cm de ancho y en la parte delantera de la caja dos orificios circulares con puertas corredizas para introducir la mano (Figuras 6 y 7). En la tapa de vidrio estaba instalado un tubo fluorescente para la iluminación del conjunto y en su interior estaban cuatro tubos fluorescentes ultravioleta para mantener la cámara completamente esterilizada. Estos tubos fueron del tipo Tubo Germicida General Electric G-15T8 de 15 vatios. En un extremo de la caja había un tubo metálico con tapa, para la salida del calor que producía una lámpara de alco

FIGURA 6. Cámara de aislamiento. Abajo, las puertas corredizas para introducir las manos. En el interior se observa el tubo de escape de calor.

FIGURA 7. Cámara de aislamiento con la tapa abierta. En el interior, la lámpara de alcohol. Obsérvese la bomba fluorescente que ilumina la cámara. Debajo del borde interior, los tubos germicidas.

hol, la que se usó para esterilizar la aguja. En esta cámara de aislamiento se realizó la inoculación del hongo Colletotrichum gloeosporioides Penz, cepa No. 4, altamente patogénica, proporcionada por el departamento de Patología Vegetal del Instituto.

Después de la inoculación, se dejaron los tubos de cultivo 5-6 días para que desarrollaran las esporas antes de usarlas para inocular las plantas.

VII. Método de inoculación artificial

Para la inoculación con C. gloeosporioides se tomaron 4 tubos de ensayo con el cultivo, agregando agua a los tubos hasta 50 cc en total. Se frotó el micelio suavemente con una brocha para extraer las esporas. Luego se filtró el líquido así obtenido. Se trasvasó a un pulverizador de mano, marca "Devilbiss No.15" para la inoculación del hongo, mediante pulverización a todas las hojas de las plantas de cacao usadas en el experimento. Esta pulverización se realizó en horas tempranas de la mañana, en el invernadero de Patología Vegetal.

VIII. Cámara húmeda

Esta cámara tenía por objeto mantener en su interior un ambiente saturado de humedad (100% humedad relativa) que favoreció el desarrollo del hongo inoculado en las plantas. Constó de dos partes: la base cuyas medidas eran: largo 1.88 m, ancho 1.57 m. y alto 0.80 m., con alero lateral en toda la periferia para sostener la tapa; el piso de la base era

de madera forrada en plástico, donde circulaba agua. Las macetas descansaron sobre rejillas de madera (Figura 8).

La tapa, forrada con tela de polietileno, estaba sostenida sobre un sistema de poleas pequeñas, para levantarla y bajarla, facilitando así la colocación del material vegetal inoculado.

IX. Método para determinar la incidencia de la enfermedad

Para estimar la incidencia de la enfermedad de la antracnosis foliar, se calculó un Indice de Infección, expresado en porcentaje, similar a la fórmula que da McKinney (35):

$$\text{Indice de Infección} = \frac{\text{Suma de todos los grados numéricos} \times 100}{\text{Número de Plantas} \times \text{Total de Grados}}$$

Para usar esta fórmula, se confeccionó una escala de infección utilizando los grados de 0 a 4:

Grado 0 = Hojas sanas
Grado 1 = Infección muy leve
Grado 2 = Infección moderada
Grado 3 = Infección severa
Grado 4 = Infección muy severa

La apreciación se hizo en forma visual y comparativa.

X. Procedimiento experimental

El procedimiento empleado en el presente trabajo consistió en someter a las plantas de edad y tamaño adecuado,

al proceso de lixiviación por la acción de la llovizna artificial de agua desmineralizada a través de un sistema de atomizadores. El tiempo fué de 6, 12, 24, 36 y 48 horas, con intervalos de descanso antes de efectuar la inoculación de 1, 6, 12 y 24 horas en el primer experimento. Las plantas abonadas con el fertilizante potásico se sometieron a 24 horas de lixiviación y 1 hora de descanso.

En un experimento preliminar, se determinó la edad más apropiada de las plantas sometidas a la lixiviación.

Antes de lixiviar las plantas, se limpiaron las hojas de toda materia extraña como polvo, empleándose para este fin algodón humedecido ligeramente con agua desmineralizada.

Las macetas fueron cubiertas con bolsas de polietileno de 35 cm de ancho por 45 cm de largo, cerrándolas alrededor de cada planta con hilo fuerte. Adicionalmente, el cuello de cada planta se cubrió con tiras de plástico mantenidas en posición por cinta engomada (scotch tape). El objeto fué de evitar que el agua penetrara dentro de la maceta y contaminara con tierra todo el sistema de lavado (Véase Figura 9).

El agua de lixiviación al venir de las hojas, pasó a través de la columna de resina, la que adsorbió los nutrimentos minerales catiónicos perdidos del follaje de la planta. La resina se eluyó al concluir un período de lixiviación, con 25 ml de HCl al 10%, permaneciendo en contacto con el ácido por un tiempo mínimo de 1 hora, tiempo suficiente para poder intercambiar los cationes entre la resina y el á-

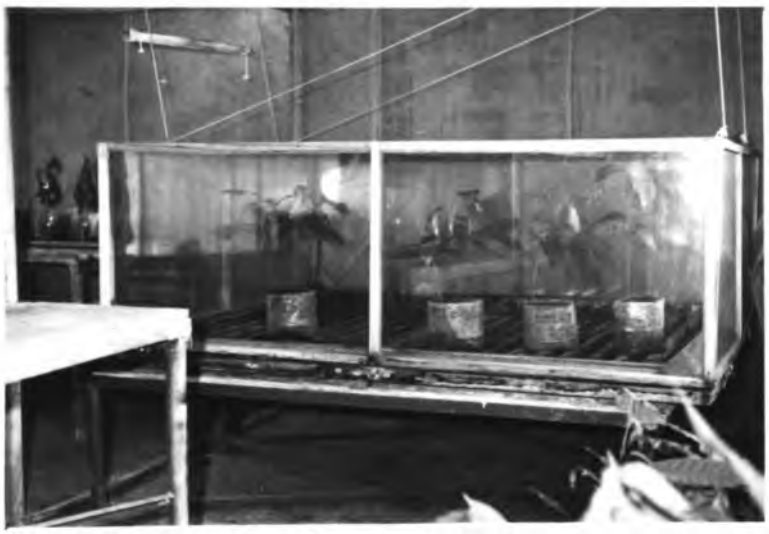


FIGURA 8. Cámara húmeda hecha de plástico. Obsérvese en su interior las macetas inoculadas.

FIGURA 9. Macetas envueltas en bolsas plásticas.de protección listas para ser sometidas a la lixiviación.

cido. Pasado este tiempo, se hizo escurrir lentamente el ácido gota a gota, a un frasco. Este eluado constituyó el extracto de lavado, el que se evaporó hasta sequedad en un frasco Erlemeyer de 125 ml, en plancha eléctrica. Luego se agregaron 5 ml de ácido nítrico y 2 a 3 perlas de vidrio. Por medio del calor se sometió a la digestión líquida con el objeto de destruir los coloides y la materia orgánica. Se evaporó el líquido hasta 1-2 ml; se agregó suficiente agua caliente para disolver las sales; después se trasvasó el contenido con varios lavados a un matraz aforado de 50 ml. Se enfrió y se completó el volumen, previa filtración con papel filtro Whatman No.40.

La determinación del potasio, se efectuó con fotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 303, siguiéndose las instrucciones dadas en el manual del aparato.

Las macetas con las plantas sometidas a la lixiviación, se llevaron al invernadero para su inoculación artificial. La suspensión de esporas se roció sobre la haz y envés de las hojas de las plantas lixiviadas y no lixiviadas (testigos). Se introdujeron en la cámara húmeda donde permanecieron por dos días. Posteriormente fueron sacadas y puestas en un lugar fresco dentro del invernadero durante cuatro días adicionales.

Pasado este tiempo, se procedió a calificar las plantas para determinar la incidencia de la enfermedad.

XI. Análisis químico del material vegetal

Con el objeto de determinar el contenido de potasio de las hojas en las plantas en estudio, y para establecer

los efectos del abono potásico aplicado, se efectuaron análisis químicos de las hojas.

Al recoger las muestras se tuvo cuidado de escoger hojas de la misma edad fisiológica, tomando la segunda hoja desde la base inferior de un brote de igual edad y desarrollo. En total se recolectaron 5 hojas por muestra. Las tomas de muestras en los clones UF 221 y SCA 12 se efectuó antes y después del lixiviado. Además, se tomó una muestra después de 6 días de inoculadas las plantas en todos los tratamientos de los experimentos con fertilización.

Las hojas recogidas fueron limpiadas con algodón humedecido con agua desmineralizada y luego secadas a 70ºC en una estufa por 24 horas. Se molieron en un molino tipo "Wiley" intermedio. Se pesó 1 gr de material seco en un Erlenmeyer de 125 ml, se agregó 10 ml de una mezcla de ácido nítrico-perclórico y 3 perlas de vidrio. Se dejó en predigestión durante una noche y la digestión total se completó en una plancha eléctrica hasta que quedaran apenas unos 2 a 3 ml de residuo. Después de filtrar y aforar en un matraz de 50 ml, se determinó el potasio con el fotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 303.

XII. Experimentos realizados

En todos los experimentos indicados se lixiviaron al mismo tiempo cuatro macetas con dos plantas en cada una, dando así un total de 8 plantas que se consideraron como repeticiones. Al mismo tiempo se apartaron igual número de macetas que sirvieron de testigo para la inoculación.

A. Influencia de la edad de la planta lixiviada en la incidencia de la antracnosis: Se efectuó lixiviación de plantas de 1, 3, 5 y 7 meses de edad del clón Matina, por un tiempo de 24 horas. Luego se inoculó con el hongo y se determinó el grado de infección. El experimento se realizó del 16 de Agosto al 10 de Setiembre de 1966.

B. Influencia de la duración del período de lixiviación y descanso: La lixiviación de plantas del clón Matina se hizo por un tiempo de 6, 12, 24, 36 y 48 horas con intervalos de descanso de 1, 6, 12 y 24 horas antes de la inoculación con el hongo. Este experimento se inició el 30 de Octubre, finalizándose el 26 de Diciembre de 1966.

C. Influencia de los diferentes niveles de abono potásico en relación a la antracnosis: Para estos experimentos se emplearon plantas de cacao del clon UF 221 y SCA 12 de 4 meses de edad más o menos uniformes en tamaño.

Experimento 1

Lixiviación de plantas sin abonar (K_0) y con dos gramos de abono potásico (K_1) por un tiempo de 24 horas; descanso de 1 hora. El experimento se inició el 9 de Enero, terminando el 3 de Febrero de 1967.

Experimento 2

Lixiviación de plantas sin abonar (K_0) y con seis

gramos de abono potásico (K_1) por un tiempo de 24 horas; descanso de 1 hora. Se comenzó con este experimento el 7 de Marzo, terminando en el mismo mes de 1967.

XIII. Evaluación de los datos obtenidos

Para los análisis estadísticos de los resultados obtenidos en los diferentes experimentos, se utilizó la prueba de "F" y para las comparaciones entre las regresiones se usó la prueba de "t".

En el estudio de la influencia de la duración del tiempo de lixiviación y descanso, se hicieron comparaciones con respecto al porcentaje de infección de la antracnosis entre plantas lixiviadas y no lixiviadas en relación con los diferentes tiempos en que las plantas eran sometidas al proceso de lavado. Además, se consideró la influencia que tenía el descanso en la planta después de ser lixiviada antes de ser inoculadas artificialmente con la suspensión de esporas del hongo que produce la antracnosis foliar.

Para el análisis estadístico de este experimento, se hizo por regresión y la significancia de "b" por medio de la prueba de "F". Las comparaciones de los valores "b" para determinar la significancia entre los diferentes tiempos de descanso,se hizo por la prueba de "t".

En el estudio de la influencia de los diferentes niveles de abono potásico, se hicieron comparaciones tanto en el experimento 1 como en el experimento 2, entre plantas

lixiviadas, plantas no lixiviadas, con abono potásico, sin abono potásico y con dos clones diferentes, UF 221 y SCA 12, con respecto al porcentaje de infección de la antracnosis foliar.

El plan para estos dos experimentos era un factorial 2x2x2 en bloques al azar y la significancia fué determinada por la prueba de "F".

RESULTADOS

I. Influencia de la edad de las plantas lixiviadas en la infección con la antracnosis.

El presente ensayo se efectuó con plantas del clon Matina con el objeto de determinar en cuál edad el índice de infección es mayor o sea que haya máxima diferencia entre las plantas lixiviadas y las no lixiviadas, con respecto al ataque fungoso.

Se escogieron plantas de 1, 3, 5 y 7 meses de edad, que fueron lixiviadas durante 24 horas. Se procedió luego a la inoculación con una suspensión de esporas del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.

La mayor incidencia de la enfermedad se observó en las plantas lixiviadas de 1 mes de edad (Cuadro 1).

CUADRO 1. Influencia de la edad en el porcentaje de infección de la antracnosis foliar.

Edad en meses	Plantas Lixiviadas	Plantas No lixiviadas	Diferencia %
1	63	34	29
3	49	30	19
5	48	30	18
7	40	25	15

La Figura 10 ilustra los resultados obtenidos en el Cuadro 1. Puede apreciarse que las plantas lixiviadas de 3 y 5 meses de edad, presentaban una diferencia de 19 y 18% tomando como base a las plantas sin lixiviar, valor que se aproxima a la diferencia de 20% buscada para servir de base en la edad de la planta que será usada. Como conclusión se tomó como edad más apropiada la de 4 meses para los experimentos siguientes.

II. Influencia de la duración del período de lixiviación y descanso en la antracnosis

Analizando los resultados de la influencia de la duración del período de lixiviación y descanso sobre la infección con antracnosis, se observa en el Cuadro 2 que la mayor infección aparece en las plantas que han sido lixiviadas por mayor tiempo. El período de descanso o reposo que se les dió a las plantas lixiviadas antes de ser inoculadas tiene también una ligera influencia, disminuyendo la infección con mayores tiempos de descanso (Figuras 11 y 12).

CUADRO 2. Porcentaje de infección en diferentes tiempos de lixiviación y períodos variables de descanso (Promedios de 320 plantas).

Tiempo de Lixiviación	PERIODOS DE DESCANSO			
	1 hora	6 horas	12 horas	24 horas
48 horas	85	78	68	67
36 horas	78	67	62	60
24 horas	60	60	55	52
12 horas	47	43	43	33
6 horas	40	35	38	18

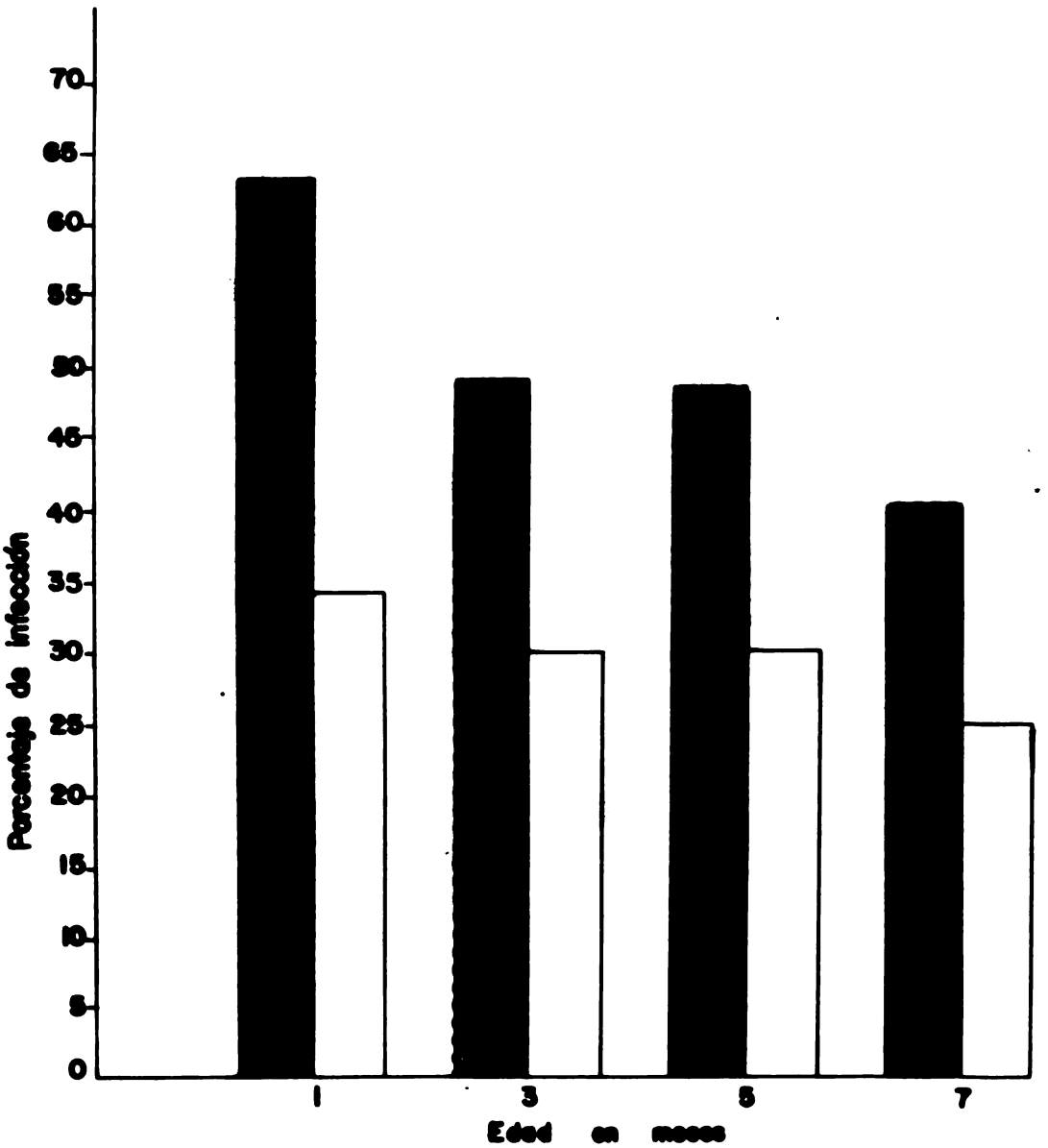


Figura 10. Influencia de la edad de las plantas lixiviadas en el porcentaje de infección de la antracnosis foliar.

= Lixiviada = Sin lixiviar

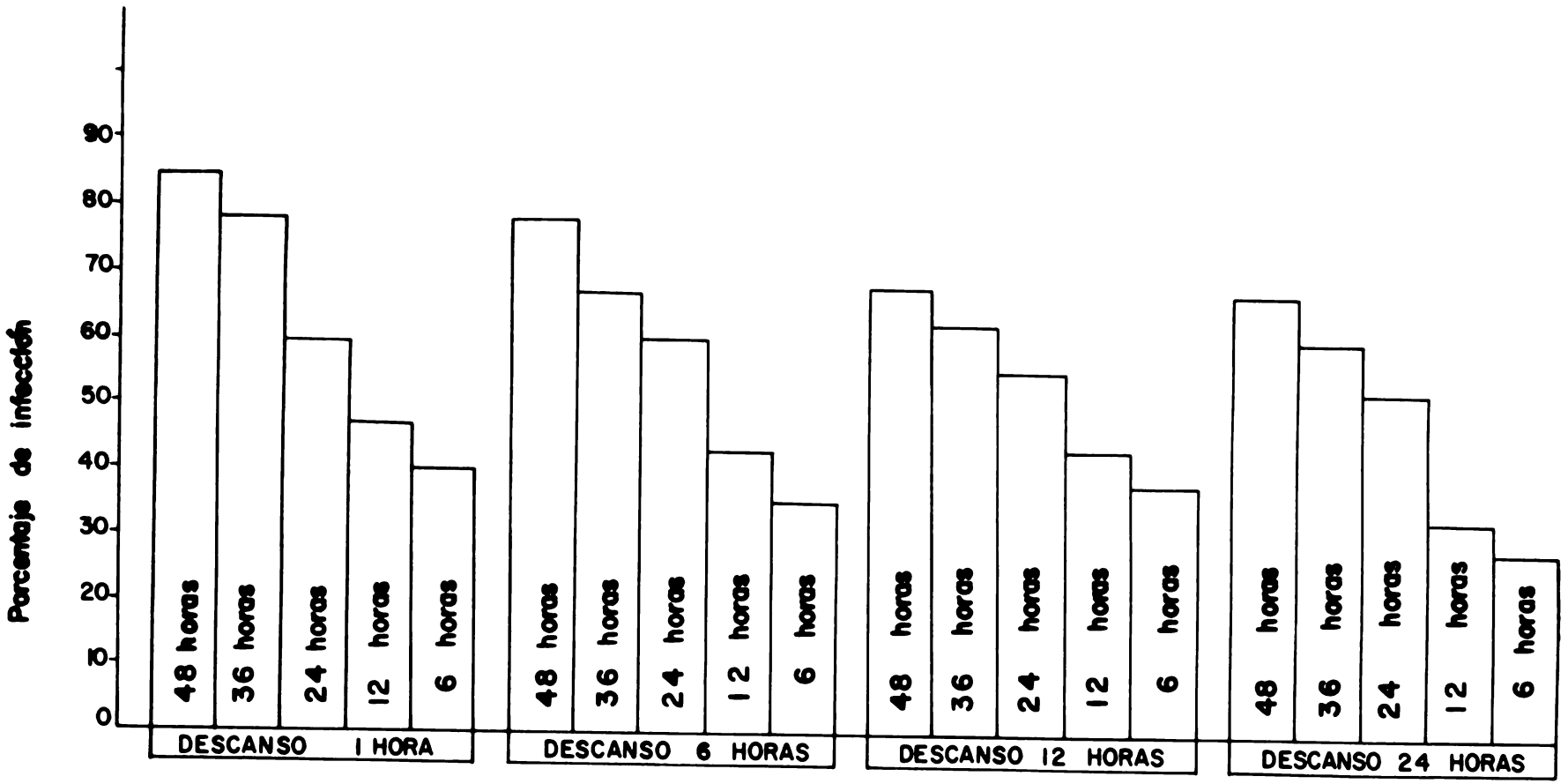


Figura II. Porcentaje de infección a diferentes tiempos de lixiviación y períodos variables de descanso.

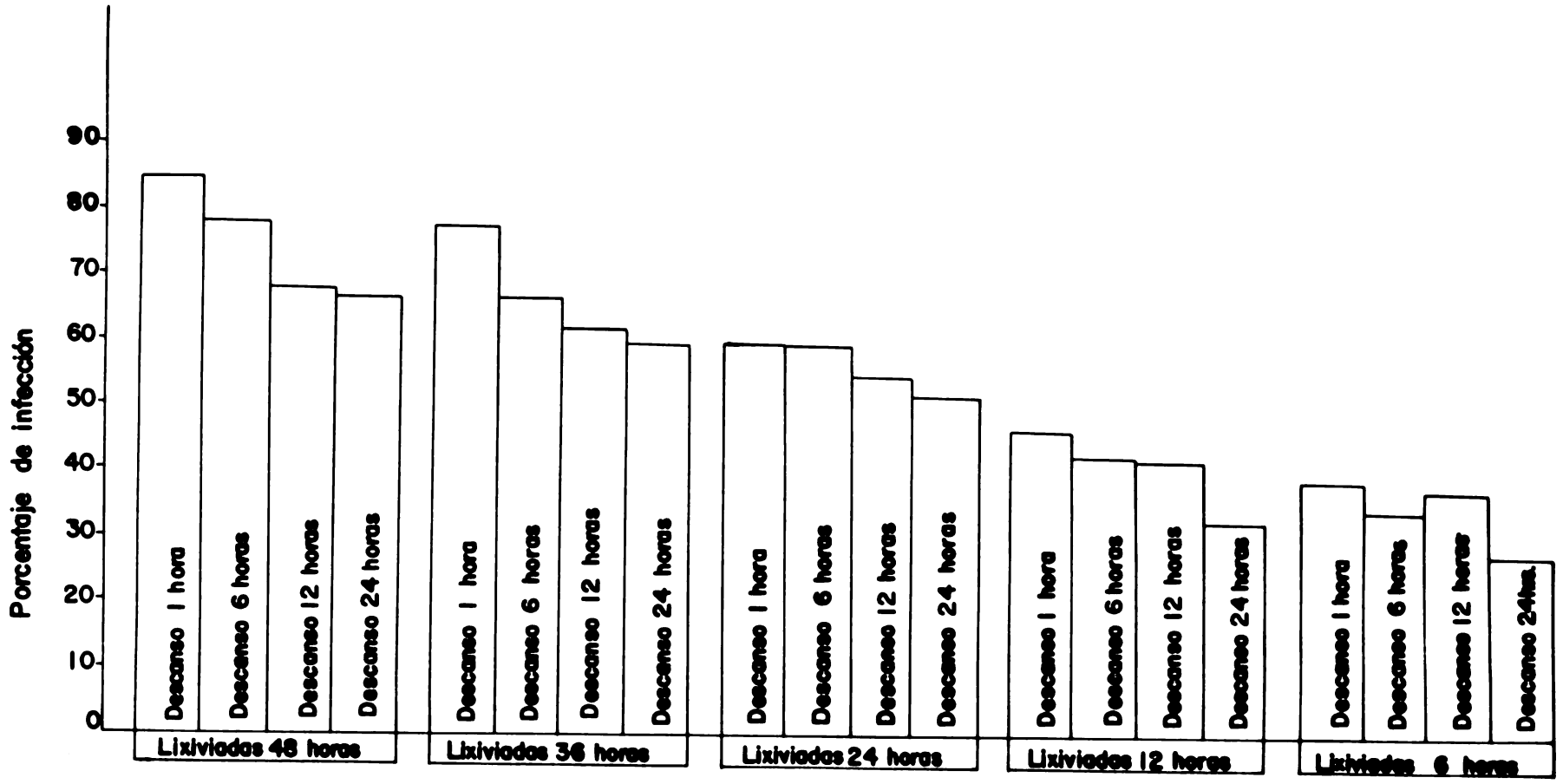


Figura 12.
Porcentaje de infecciones a diferentes tiempos de lixiviación y períodos variables de descanso.

De acuerdo con el análisis estadístico, el descanso de 1 hora con diferentes tiempos de lixiviación muestra significancia al nivel del 5%. Para los descansos de 6, 12 y 24 horas en los diferentes tiempos de lixiviación, se obtuvo significancia al nivel del 1%. Esto comprueba que el tiempo de lixiviación influye significativamente en el aumento del porcentaje de infección. En cambio, cuando se hicieron comparaciones estadísticas entre los diferentes períodos de descanso, se observó que los intervalos de descanso de 1, 6 12 y 24 horas no afectaron significativamente la relación que existe entre el tiempo de lixiviación y el porcentaje de infección, ya que los valores de "b" para los diferentes períodos de descanso fueron bastante bajos como para dejar demostrado estadísticamente la influencia que tiene el descanso o el reposo para que la planta pueda recuperarse por efecto de la lixiviación antes de provocar la infección.

III. Influencia del potasio con relación a la antracnosis.

Experimento 1

Este experimento se realizó con el fin de evaluar la influencia que tiene el potasio con relación a la incidencia de la antracnosis foliar en plantas jóvenes de cacao. Se correlacionó la pérdida de potasio que sufre la planta por efecto de una lixiviación de 24 horas frente a una mayor o menor susceptibilidad a la enfermedad en plantas de los clones UF 221 y SCA 12 (susceptible el primero y tolerante el segundo).

Se emplearon dos niveles de potasio, K_0= testigo, y el otro con 2 gramos de abono potásico por maceta.

Comparando los resultados del Cuadro 3 se puede apreciar que la mayor infección existió en las plantas lixiviadas sin potasio, en comparación con las plantas lixiviadas que recibieron potasio. La infección también disminuyó en las plantas testigos que recibieron el fertilizante.

Esta disminución de la enfermedad es más pronunciada en presencia del potasio, siendo menor la infección para los clones SCA 12 que para los clones UF 221, como ilustran también las Figuras 13 y 14.

CUADRO 3. Porcentaje de infección en plantas lixiviadas con dos niveles de potasio en dos clones de cacao (Promedios de 320 plantas).

UF 221				SCA 12			
K_0		K_1		K_0		K_1	
Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar
51	23	46	12.4	31.5	11.3	29	8

En el Cuadro 4 se aprecia la cantidad de potasio que pierden las plantas por efecto de la lixiviación. Se observa que las plantas del clon UF 221 perdieron mayor cantidad de potasio que las plantas del clon SCA 12. Esta pérdida es ligeramente mayor en plantas que recibieron abono potásico (Figura 15).

Estos mismos valores se expresaron en porcentajes con base del contenido de este elemento antes de la lixiviación en el Cuadro 5.

CUADRO 4. Cantidad de potasio lixiviado de plantas sometidas a 24 horas de lixiviación expresadas en mg de potasio por plantas (Promedio de 160 plantas)

UF 221		SCA 12	
K_0	K_1	K_0	K_1
2.20	2.72	1.99	2.39

CUADRO 5. Porcentaje de potasio perdido por la lixiviación de las plantas en 24 horas.

UF 221		SCA 12	
K_0	K_1	K_0	K_1
0.17	0.20	0.18	0.18

Las diferencias obtenidas están en relación con el peso seco de las plantas lixiviadas (Cuadro 6) después que han sido inoculadas con el hongo.

CUADRO 6. Peso seco por plantas lixiviadas, expresadas en gramos (Promedio de 160 plantas).

UF 221		SCA 12	
K_0	K_1	K_0	K_1
1.29	1.36	1.05	1.30

Las cantidades de potasio lixiviadas (Cuadro 5) que se recogieron por medio de la columna de resinas son valores que corresponden aproximadamente a las diferencias de porcen

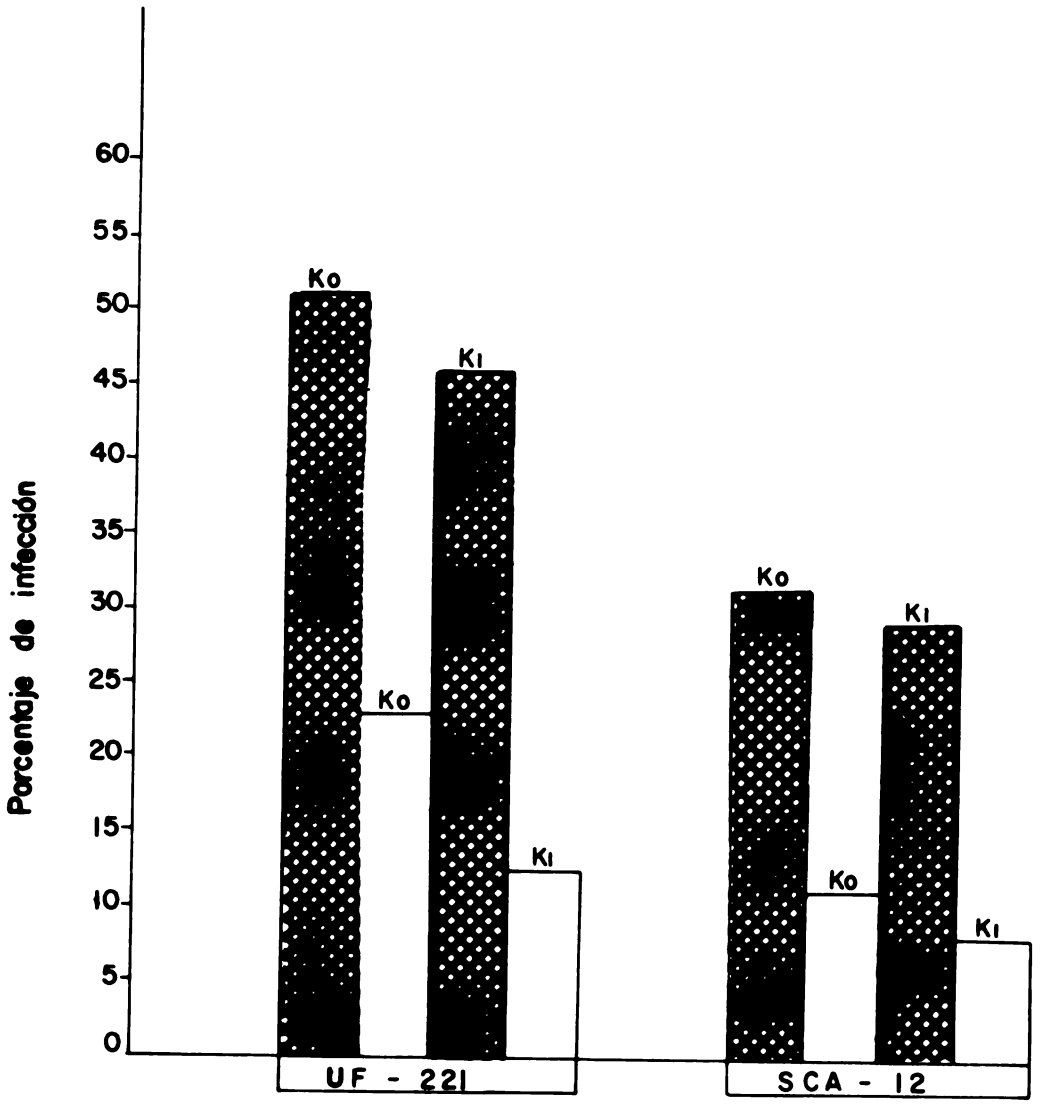


Figura 13.
Influencia del potasio en plantas lixiviadas y sin lixiviar en clones diferentes con relación al porcentaje de infección con antracnosis.

▒ = lixiviada □ = no lixiviada Kl = con potasio (117g. K_2O/maceta)

Ko = sin potasio

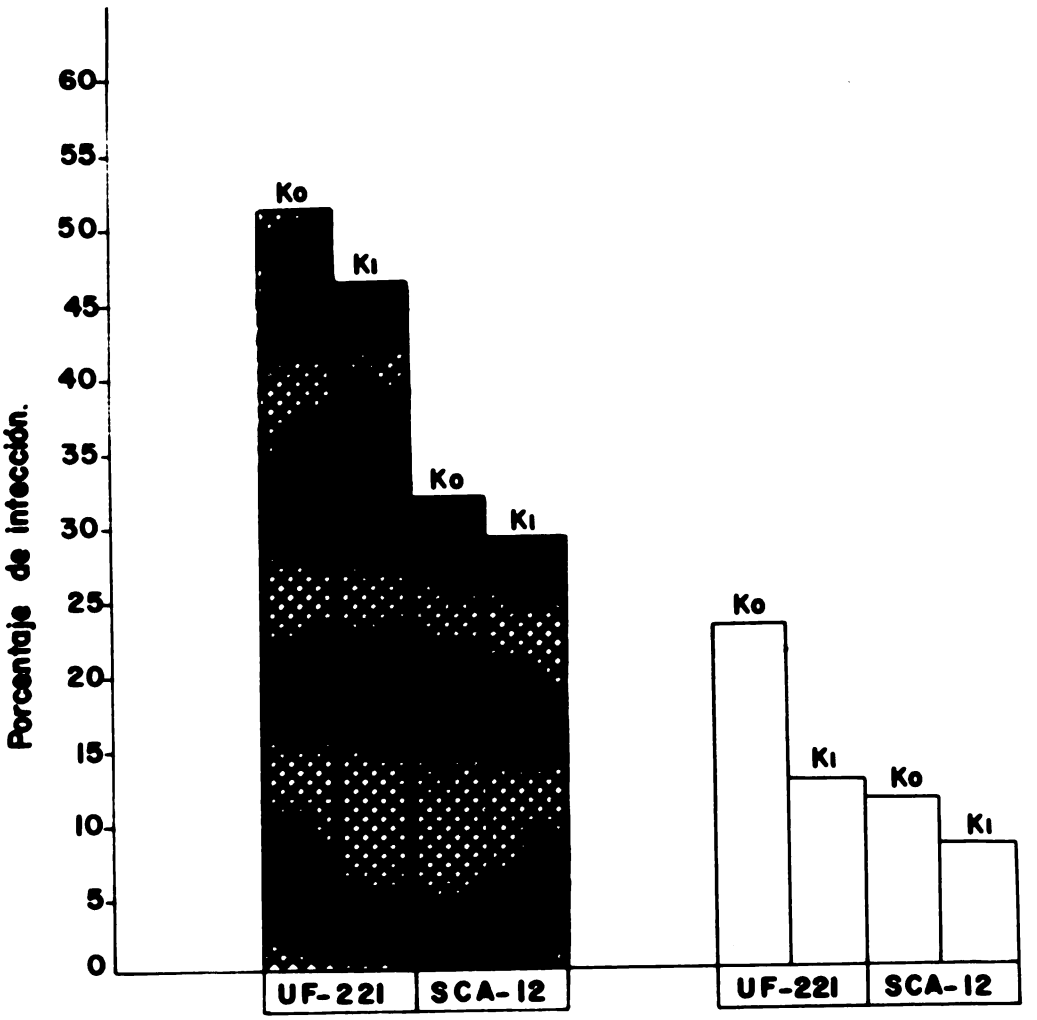


Figura 14.

Comparación entre clones de plantas lixiviadas y sin lixiviar con 2 niveles de potasio frente a la antracnosis

▒▒▒:Lixiviadas ☐: Sin lixiviar

Ko= Sin potasio Ki= Con potasio(1.17g . K_2O/maceta)

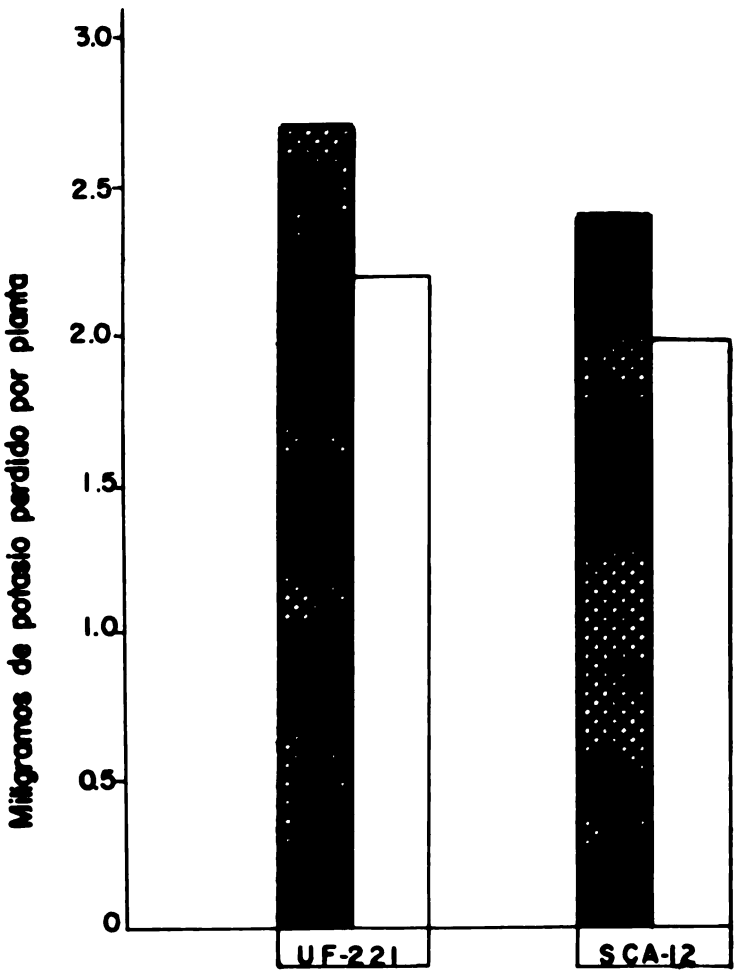


Figura 15. Cantidad de potasio perdido por efecto de una lixiviación de 24 hrs.

= Fertilizado con potasio

= Sin fertilizar

taje que existen en las hojas de las plantas lixiviadas y sin lixiviar, obtenidas por el método de análisis Foliar (Cuadro 7).

Este análisis se hizo con el fin de determinar el contenido de potasio en las hojas de las plantas sometidas a estos tratamientos de lixiviación y de inoculación artificial para inducir la enfermedad de la antracnosis (Cuadro 7).

CUADRO 7. Porcentaje de potasio contenido en las hojas por el método del análisis foliar.

UF 221				SCA 12			
K_0		K_1		K_0		K_1	
Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar
2.05	2.20	2.15	2.50	2.00	2.10	2.30	2.40
Dif: 0.15		0.35		0.10		0.10	

De acuerdo con los resultados en los Cuadros 4 y 7, se observa que las plantas del clon UF 221 contenían una cantidad ligeramente mayor de potasio que las plantas de los clones SCA 12. Estas, a su vez, perdieron mayor cantidad de potasio por lixiviación, siendo esta pérdida algo mayor en las plantas que fueron abonadas con potasio.

La pérdida de potasio está en relación con un mayor o menor grado de susceptibilidad a la antracnosis foliar. Hay mayor resistencia en las plantas abonadas con potasio y especialmente en aquellas que no fueron sometidas a la lixiviación.

Realizando el análisis estadístico de este experimento, mediante un factorial de 2x2x2 en bloques al azar, se logró significancia al nivel del 5% de probabilidad con el potasio (K) y la interacción de clones por lixiviación (CxL). Los clones (C) y la lixiviación (L) fueron altamente significativos al 1%, pero no existió significancia para la interacción clones por potasio (CxK), lixiviación por potasio (LxK) y la interacción de los tres factores, clones por potasio por lixiviación (CxKxL). En este caso el error estadístico fué un poco alto para estas interacciones (Cuadro 8).

CUADRO 8. Análisis de la variancia del experimento 1 en un arreglo factorial 2x2x2 en bloques al azar.

	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Total	39	10.390.69		
Clones (C)	1	1.696.50	1.696.50	39.02**
Potasio (K)	1	273.00	273.00	6.28*
Lixiviación (L)	1	6.669.31	6.669.31	153.39**
CxK	1	54.06	54.06	1.24
CxL	1	273.00	273.00	6.28*
KxL	1	21.76	21.76	0.50
CxKxL	1	11.56	11.56	0.50
Error	32	1.391.50	43.48	

** Significativos al nivel del 1%
* Significativo al nivel del 5%

De acuerdo con el resultado del análisis de la variancia (Cuadro 8) podemos observar que la diferencia entre clones es bien significativa, frente al comportamiento de las plantas a un menor ataque de la antracnosis. Esta diferencia fué modificada significativamente por la lixivia-

ción de las plantas y por la presencia del potasio. En otras palabras, las plantas del clon SCA 12 presentaron menor ataque a la antracnosis que las del clon UF 221. A su vez, la lixiviación tuvo un efecto bien marcado al aumentar la enfermedad, la cual disminuyó en presencia del potasio.

Experimento 2

La diferencia entre este experimento y el anterior está únicamente en la cantidad de abono potásico suministrado a las plantas, que fué aumentada hasta una dosis de potasio a 6 gramos equivalente a 3.51 gr de K_2O por maceta. Estas plantas con y sin potasio de los clones UF 221 y SCA 12, de 4 meses de edad, fueron igualmente sometidas al proceso de lixiviación por un tiempo de 24 horas, y posteriormente se inocularon con esporas del hongo *C. gloeosporioides*.

Comparando los resultados del Cuadro 9, podemos apreciar que la mayor infección se presentó en las plantas del clon UF 221 lixiviadas y sin potasio. La enfermedad disminuyó grandemente con la presencia del potasio para ambos clones en plantas lixiviadas y prácticamente fué eliminada en plantas no lixiviadas con esta dosis de potasio en las plantas del clon SCA 12 (Veanse también Figuras 16 y 17).

La cantidad de potasio perdido por efecto de la lixiviación, se aprecia en el Cuadro 10, en el cual se observa una mayor pérdida de potasio para las plantas del clon UF 221.

La Figura 18 muestra gráficamente esta pérdida de po-

CUADRO 9. Porcentaje de infección en plantas lixiviadas y sin lixiviar con dos niveles de potasio, usando dos clones de cacao (Promedio de 144 plantas).

UF 221				SCA 12			
K_0		K_1		K_0		K_1	
Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar
49.6	22.0	24.0	8.0	26.6	11.0	11.0	3.0

CUADRO 10. Cantidad de potasio perdida por lixiviación en 24 horas expresadas en miligramos por planta (Promedio de 72 plantas).

	UF 221		SCA 12	
	K_0	K_1	K_0	K_1
	2.05	2.33	1.82	1.97
Dif:	0.28		0.15	

tasio por acción de la lixiviación.

Las cantidades de potasio que se perdieron en las plantas por efecto de la lixiviación, son expresadas a base de porcentaje sobre el testigo, en el Cuadro 11. Se nota que este porcentaje está en relación con el peso seco por planta lixiviada (Cuadro 12) con relación a los miligramos de potasio recogidos por el lavado.

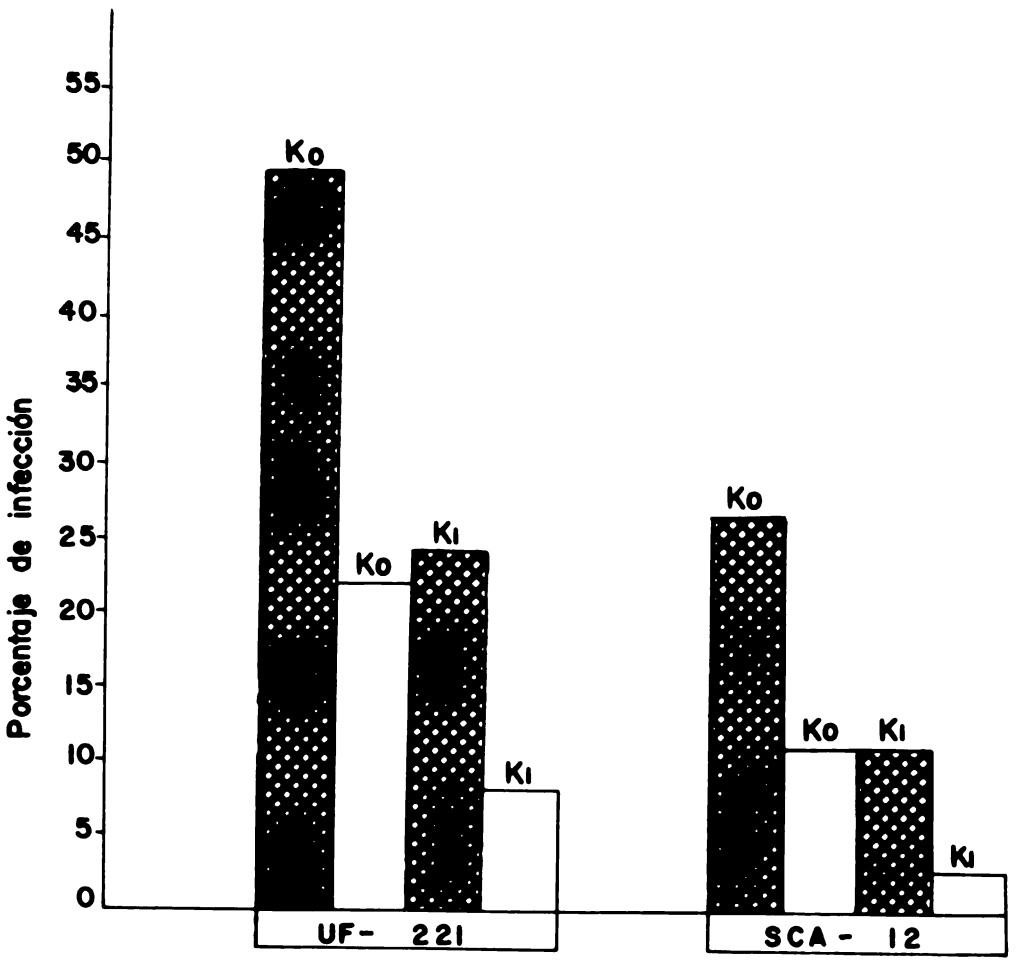


Figura 16. Influencia del potasio en plantas lixiviadas y sin lixiviar en clones diferentes con relación al porcentaje de infección con antracnosis

■ = Lixiviada □ = Sin lixiviar

Ko = Sin potasio Ki = Con potasio (3.5 lg. K_2O/maceta)

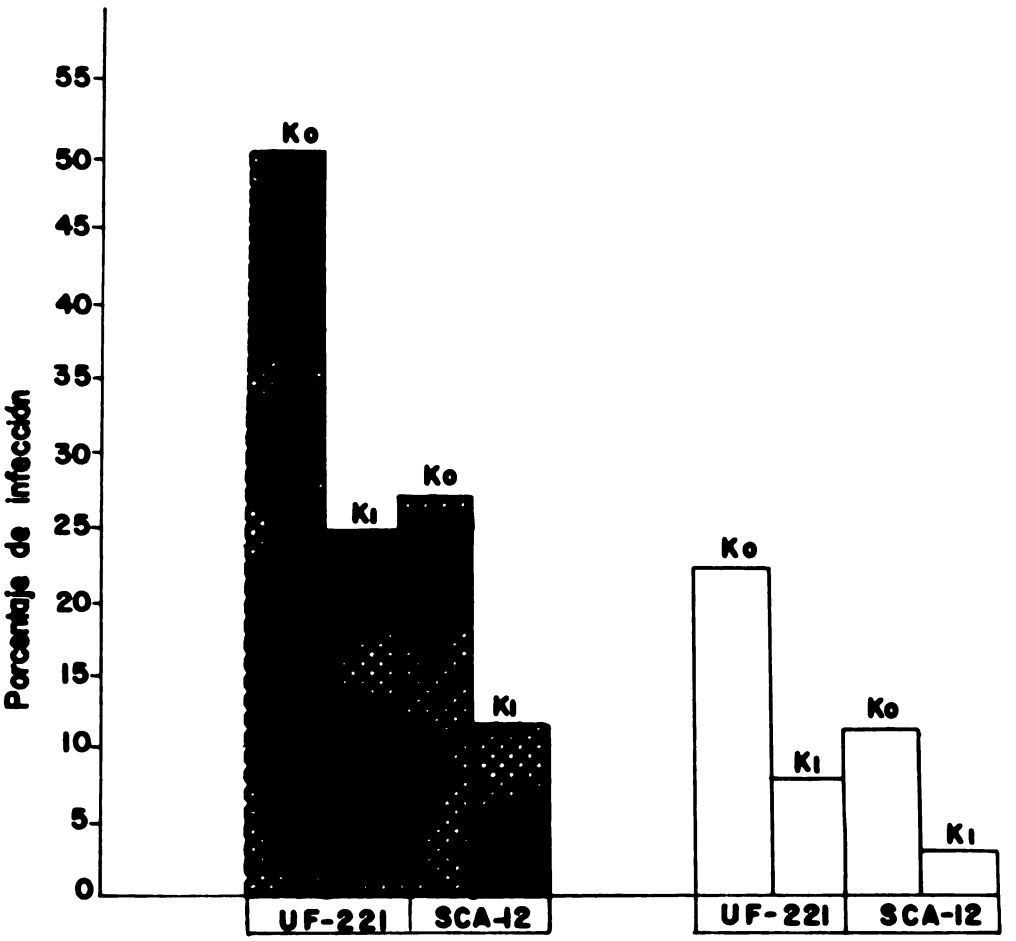


Figura 17. Comparación entre clones de plantas lixiviadas y sin lixiviar con niveles de potasio frente a la antracnosis

■ :Lixiviadas □ :Sin lixiviar

Ko : Sin potasio Ki : Con potasio (3.51g. K_2O/maceta)

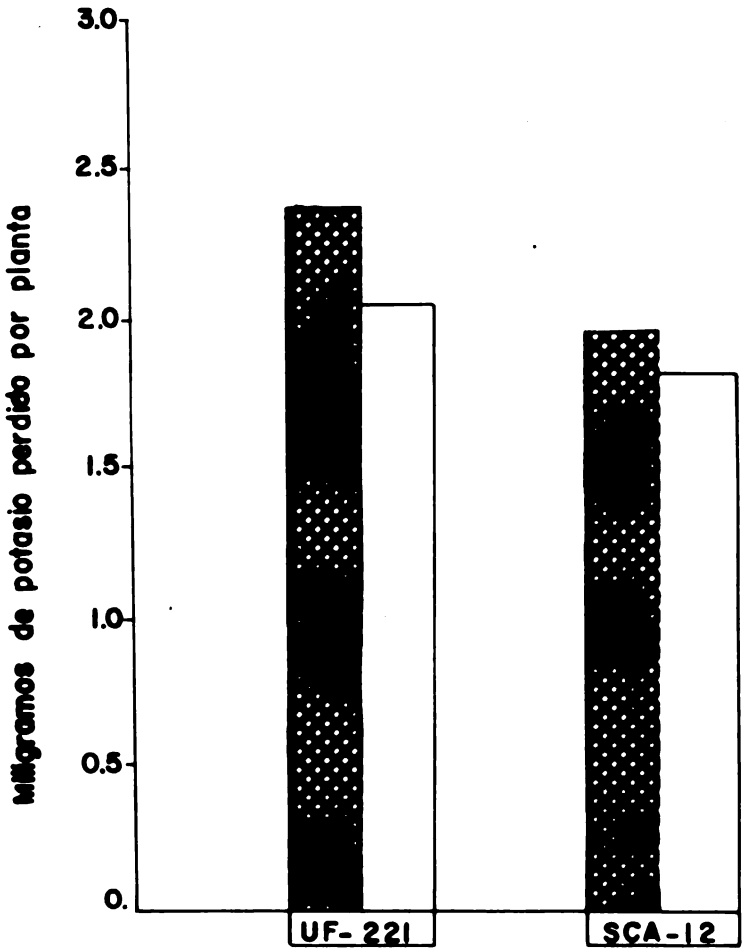


Figura 18. Cantidad de potasio que se pierde por efecto de una lixiviación en 24 horas.

▒ : Fertilizado con potasio

□ : Sin fertilizar

CUADRO 11. Cantidad de potasio perdido por la planta lixiviada en porcentaje (Promedio de 72 plantas).

UF 221		SCA 12	
K_0	K_1	K_0	K_1
0.21	0.22	0.22	0.24
Dif: 0.01		0.02	

CUADRO 12. Peso seco de plantas lixiviadas expresado en gramos (Promedio de 72 plantas)

UF 221		SCA 12	
K_0	K_1	K_0	K_1
0.94	1.02	0.80	0.82
Dif: 0.08		0.02	

Estas pérdidas de potasio por lixiviación, calculadas en base al peso seco de las plantas, corresponden aproximadamente a la diferencia de porcentaje obtenido en las hojas por el método del análisis foliar, en las plantas lixiviadas y sin lixiviar (Cuadro 13).

Después de que las plantas fueron inoculadas, se repitió el análisis foliar a los 6 días de haberse desarrollado la enfermedad, con el fin de determinar si las plantas li

CUADRO 13. Porcentaje de potasio contenido en las hojas por el método de análisis foliar.

UF 221				SCA 12			
K_0		K_1		K_0		K_1	
Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar
2.00	2.20	2.20	2.80	2.05	2.10	2.45	2.80
Dif: 0.20		0.60		0.05		0.35	

xiviadas fueron capaces de recuperarse, absorbiendo más potasio. Sin embargo, de acuerdo a los resultados del Cuadro 14, se aprecia que las plantas mantuvieron el nivel de potasio en las hojas a los 6 días de inoculadas, sin mayor diferencia en comparación al análisis antes de ser inoculadas. Solo hubo una pequeña variación en el contenido de potasio en las plantas que no fueron lixiviadas. Con abonos potásicos fueron ligeramente mayores sus valores.

CUADRO 14. Porcentaje de potasio contenido en las hojas por el método del análisis foliar a los 6 días después de inoculadas las plantas.

UF 221				SCA 12			
K_0		K_1		K_0		K_1	
Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar	Lixiviadas	Sin Lixiviar
2.00	2.10	2.20	2.90	2.05	2.10	2.45	2.90
Dif: 0.10		0.70		0.05		0.45	

Se observa que las plantas del clon UF 221 contenían igual potasio en las hojas que las plantas del clon SCA 12. Sin embargo, las plantas del clon UF 221 perdieron más potasio por efecto de la lixiviación y esta pérdida está en relación a una mayor infección a la antracnosis.

Realizando el análisis estadístico con el mismo diseño que en el experimento 1, se llegó a obtener para todos los elementos y las interacciones, significancia al nivel del 1% de probabilidad estadística, es decir, que todos fueron altamente significativos, a excepción de la interacción de los tres factores CxKxL.

CUADRO 15. Análisis de la variancia del Experimento 2 en un arreglo factorial 2x2x2 en bloques al azar.

	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Total	23	4.689.84		
Clones (C)	1	1.014.00	1.014.00	204.85**
Potasio (K)	1	1.504.17	1.504.17	303.87**
CxK	1	96.00	96.00	19.39**
Lixiviación (L)	1	1.700.17	1.700.17	343.47**
CxL	1	150.00	150.00	30.30**
KxL	1	140.16	140.16	28.32**
CxKxL	1	6.00	6.00	1.21 n.s.
Error	16	79.34	4.95	

** Significativo al nivel del 1%

De acuerdo con el resultado del análisis de variancia (Cuadro 15) podemos observar que la diferencia entre clones (C**) es altamente significativa, siendo esta diferencia mo

dificada significativamente con la aplicación del potasio (CxK**). La lixiviación también tuvo influencia significativa, viéndose influenciada también por la presencia del potasio. En otras palabras, cuando en este experimento se triplicó la dosis de potasio, la infección fungosa disminuyó significativamente. Esta baja fué más pronunciada para las plantas no lixiviadas y especialmente para las del clon SCA 12, en las cuales la enfermedad fué prácticamente controlada (índice de infección 3%).

FIGURA 19. Hojas del clon UF 221 sin abono potásico. Obsérvese la necrosis y manchas causadas por el hongo en la hoja lixiviada (derecha) comparada con la hoja sin lixiviar (izquierda)

FIGURA 20. Hojas del mismo clon, con abono potásico. Hoja lixiviada (derecha) y hoja sin lixiviar (izquierda) con menor ataque del hongo.

FIGURA 21. Hojas del clon SCA 12 sin abono potásico. Obsérvese las manchas producidas por el hongo en las hojas lixiviadas (derecha) comparada con la hoja sin lixiviar (izquierda).

FIGURA 22. Hojas del mismo clon con abono potásico. Nótese el menor ataque del hongo en la hoja lixiviada (derecha) comparada con la hoja sin lixiviar (izquierda), prácticamente sin la enfermedad.

DISCUSION

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa claramente que el potasio suministrado a las plantas en forma de una mezcla de sulfato de potasio con cloruro de potasio en partes iguales, ejerce una influencia preponderante en la disminución de la antracnosis foliar y esta influencia es bien significativa cuando se triplica el suministro de potasio a las plantas.

El agente causal de la antracnosis foliar es el hongo Colletotrichum gloeosporioides Penz (3, 29, 43), que ataca preferentemente a plantas jóvenes, especialmente hojas y brotes tiernos (3, 25), lo que se comprobó también en el presente estudio. Lo mismo encontró Leibovit (29), el cual también especificó que el ataque se produce en ambas superficies de la hoja.

En el estudio sobre la influencia de la antracnosis en la edad de las plantas, se comprobó que efectivamente el hongo atacaba con mayor intensidad a las plantas de corta edad. Se produjo una distorsión de la lámina foliar debido a las lesiones localizadas en el borde de la hoja. Los mismos síntomas obtuvo Aguirre (3). La infección fué más pronunciada en las plantas lixiviadas que en las plantas sin lixiviar, pero todas las plantas mostraron los síntomas de la antracnosis. Estas, a los 10 días de ser inoculadas, comenzaron a perder sus hojas, siendo más rápida es

ta defoliación para las plantas lixiviadas. La absición tenía un aspecto muy parecido al "die-back" o muerte descendente del cafeto (21, 53). En el cacao se llama este fenómeno también punta desnuda o "bare-tip", porque al caer las hojas queda al descubierto el tallo.

El índice de infección, expresado en porcentaje, fué mayor para las plantas lixiviadas de 1 mes de edad, siendo menor el daño para las plantas de 3, 5 y 7 meses de edad respectivamente.

Con respecto a la influencia de la duración del período de lixiviación y descanso sobre el ataque de la antracnosis, se encontró que la lixiviación ejerce una influencia en la planta, provocando una mayor sensibilidad al ataque de este hongo.

La infección en las plantas fué una función directa con el tiempo de lixiviación, es decir que a mayor tiempo en que las plantas eran expuestas al fenómeno del lavado,la infección aumentaba significativamente en un valor porcentual de 0.44 por cada hora en que se lixiviaban las plantas, siendo su correlación (r) de 0.58 significativo al 5% indicando una relación mediana entre las dos variables. La duración del período de lixiviación fué significativo en relación con el aumento de la antracnosis, observándose menor infección en las plantas que no fueron lixiviadas. Es indudable que el fenómeno de la lixiviación es un proceso complejo, que ocasiona en las plantas pérdidas de elementos minerales. Estas pérdidas están correlacionadas con los desórdenes fisiológicos y susceptibilidad a enfermedades como lo comprobaron Tukey y Tukey (58).

Cuando se hicieron comparaciones estadísticas sobre los diferentes tiempos de descanso o reposo, para determinar si en las plantas lixiviadas disminuía la infección con períodos de descanso de 1, 6, 12 y 24 horas antes de proceder a la inoculación, se encontró que la infección disminuía ligeramente en las plantas lixiviadas conforme aumentaba el tiempo de descanso. Sin embargo, esta disminución de la infección no fué estadísticamente significativa, ya que los valores de "b" para los diferentes tiempos de descanso alcanzaron valores cuyas diferencias fueron muy pequeñas como para lograr significancia por la prueba de "t", según la fórmula que da Steel y Torrie (50) para la diferencia entre regresiones.

Analizando los resultados del estudio de la influencia del potasio con relación a la enfermedad de la antracnosis del cacao, usando en un primer experimento plantas sin abono potásico y plantas con dos gramos de abono potásico equivalentes a 1.17 g de K_2O por maceta, se observó que las plantas con potasio presentaban menor porcentaje de infección que las plantas sin abono. Esta infección era tanto mayor para las plantas lixiviadas que para las plantas sin lixiviar. También hubo diferencias significativas entre clones, presentando menor infección las plantas del clon SCA 12. Las plantas lixiviadas y sin abono potásico del clon UF 221 alcanzaron valores más altos en el porcentaje de infección, disminuyendo estos porcentajes en presencia del abono potásico. En forma muy similar se comportaron las plantas lixiviadas del clon SCA 12, siendo para éste la infección menor.

La pérdida de potasio por efecto de la lixiviación fué

mayor para las plantas del clon UF 221 que para las plantas del clon SCA 12. Esta pérdida fué un poco mayor para las plantas abonadas con potasio. Tal pérdida guarda cierta relación con un mayor o menor grado de infección. En efecto, se comprobó en este estudio que las plantas lixiviadas presentaban mayor infección que las plantas sin lixiviar. Esto se explica quizá porque la planta, al tener un buen suministro de potasio, puede perder hasta cierto límite el elemento, si hay abundancia. En cambio, la planta con poco suministro de potasio pierde menos. Sin embargo, un contenido mayor de potasio en la hoja era suficiente para que la planta mostrara una mayor resistencia al ataque del hongo como se vió al efectuar el análisis foliar. Sus valores expresaban un contenido suficiente de potasio como para no presentar síntomas de deficiencia de potasio (2, 32), pero no lo suficiente para que no se presentaran los síntomas de infección.

Al efectuar el análisis estadístico,se comprobó que había significancia al 5% para el potasio, indicando la influencia que tiene este elemento para disminuir el índice de infección. Sin embargo, la lixiviación y los clones fueron altamente significativos al igual que su interacción Clones por Lixiviación, demostrándonos su mayor influencia frente al ataque del hongo. Existe en su comportamiento cierta relación entre ellos, es decir, que la infección es mayor o menor según se presenta el fenómeno de la lixiviación y según el clon a que pertenecen las plantas.

Cuando se triplicó la dosis de potasio, equivalente a 3.51 g de K_2O (segundo experimento), se comprobó que el potasio ejercía una influencia preponderante en el control

de la enfermedad. La lixiviación y los clones no eran independientes al potasio. Mas bien mantenían cierta dependencia entre sí como se comprobó en el análisis estadístico, en la que todos los factores que intervinieron en el proceso fueron altamente significativos. La diferencia significativa entre clones y entre lixiviación y no lixiviación fué modificada significativamente con la presencia de potasio.

En todas las interacciones se detectaron significancias al nivel de 1%. Sin embargo, la interacción de los tres factores: potasio, clones y lixiviación, no fué significativa. Esto es explicable, ya que aún existiendo interacción en la población, rara vez son lo suficientemente sensibles los experimentos para descubrir interacción de tres factores (48).

Con el aumento en la dosis de potasio se pudo comprobar claramente de que la enfermedad de la antracnosis disminuía en forma significativa. En las plantas lixiviadas esta disminución de la infección fué bien marcada, llegando prácticamente a controlarse la enfermedad, especialmente en las plantas del clon SCA 12. Esta influencia del potasio en dosis crecientes para el control de la enfermedad fué comprobada por muchos autores (17, 28, 41, 46, 52) que llegaron a la conclusión en diferentes trabajos de investigación, de que el potasio reduce la enfermedad y que aplicaciones en dosis altas de potasio aumentan la capacidad de la planta para resistir la enfermedad, llegando hasta eliminar prácticamente la enfermedad.

Por lo expuesto anteriormente se demuestra que tanto

la edad de la planta como el proceso de lixiviación son factores importantes en el aumento de la incidencia de la antracnosis. Este incremento de la enfermedad, exponiendo las plantas a diferentes tiempos de lixiviación, pueda ser atribuído en parte a la pérdida de potasio que sufren las plantas al ser expuestas a este proceso de lavado. Aunque no se pudo comprobar estadísticamente la influencia que tiene el descanso o reposo en las plantas lixiviadas antes de inducir la enfermedad, al menos se observó que la infección disminuía conforme se aumentaba el tiempo de descanso o período de reposo. Es debido probablemente por la rápida redistribución y absorción de los elementos lixiviados, por las raíces, demostrado por otros autores (54).

El análisis foliar efectuado de hojas de plantas de cacao con abono potásico y sin abono en los dos clones UF 221 y SCA 12, lixiviadas y sin lixiviar, mostró un contenido de potasio cuyo valor era suficiente para no permitir que se presentaran síntomas visibles a la deficiencia de potasio, al menos durante todo el tiempo de observación de 6 días. Mas bien, se puede considerar la concentración de potasio, cuyos valores oscilaron entre 2.0 y 2.5% en el cacao, como suficientes; niveles menores de 1.5% se consideran deficientes en potasio (32).

Si se relacionan todos estos conocimientos con los resultados obtenidos en el presente estudio, se ve claramente que el potasio es el factor que ejerce influencia en la reducción de la antracnosis foliar. Con una dosis adicional de potasio, la enfermedad fué prácticamente controlada en las plantas de cacao, especialmente en las del clon SCA 12. Si son sometidas al fenómeno de la lixiviación, las plantas que tienen un buen suministro de potasio, pueden resistir después mejor a un a -

taque fungoso, aunque esta resistencia depende en gran parte a la variedad o clon.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran claramente que:

1. La lixiviación provocó una pérdida en el contenido de potasio de las hojas, siendo esta pérdida algo mayor en plantas que recibieron abonamiento con potasio.

2. La cantidad de potasio que se perdió expresado en porcentaje, se aproxima grandemente a la diferencia de porcentaje de potasio determinado por el método de análisis foliar.

3. La edad de las plantas tenía una influencia marcada sobre el ataque del hongo. Había mayor infección en plantas lixiviadas de un mes de edad, en comparación con plantas de mayor edad.

4. En el estudio de la influencia del tiempo de lixiviación con relación al ataque de antracnosis, se observó que la lixiviación tenía un efecto marcado en la incidencia de la enfermedad. La infección aumentó cuando se incrementó el tiempo de lixiviación. En forma inversa, la infección se reducía cuando se acortó el período de lixiviación.

5. El período de descanso o reposo que se le dió a las plantas antes de inocularlas, mostró influencia. La infección fué menos cuanto mayor fué el tiempo de descanso; sin embargo, no se encontró significancia a esta respuesta debido a que las diferencias entre valores "b" fueron muy estre - chas.

6. Cuando se aplicó una dosis de potasio equivalente a 1.17 g de K_2O por maceta, la infección disminuyó significativamente. Sin embargo la lixiviación y los clones parece que tuvieron mayor efecto en la reducción de la enfermedad.

7. Cuando se triplicó la dosis de potasio a 3.51 g de K_2O por maceta, la infección se redujo grandemente sin que la lixiviación tuviera el mayor efecto, demostrando que el potasio ejercía una influencia benéfica en el control de la antracnosis.

8. Se encontró que la infección era siempre menor para el clon SCA 12 al comparar los resultados con los del clon UF 221. Cuando las plantas del clon SCA 12 recibieron una dosis adicional de potasio, la enfermedad fué prácticamente controlada.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objeto de investigar la influencia del potasio en relación con la antracnosis foliar, causada por el hongo Colletotrichum gloeosporioides Penz en plantas de cacao jóvenes. Para el efecto se provocó una pérdida de potasio por medio de una lluvia artificial, induciendo luego la enfermedad por inoculación artificial con este hongo.

Se usaron plantas de cacao de 1 hasta 7 meses de edad, provenientes de semillas de los clones UF 221, SCA 12 y Matina, que fueron sembradas en macetas plásticas en el invernadero. Dos meses después de la siembra se aplicó el abono potásico a razón de 2 y 6 g de abono por maceta al grupo de plantas que perteneció a este experimento.

El procedimiento experimental empleado consistió, en someter las plantas al proceso de lixiviación por acción de la llovizna artificial de agua desmineralizada. Esta agua de lixiviación pasó a través de una columna de resina catiónica Amberlita IR-120 donde se adsorbió el potasio lixiviado del follaje de las plantas. Luego la resina fué eluída con HCl al 10%, obteniéndose un extracto que fué utilizado para determinar el potasio con el fotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 303. Se expresaron las pérdidas de potasio en miligramos por planta y por tiempo de lixiviación. Posteriormente tanto las plantas lixiviadas como las no lixiviadas (testigos) se inocularon con el hongo causante de la an-

tracnosis.

Se encontró que el potasio ejercía una influencia benéfica en reducir la incidencia de la enfermedad. La lixiviación y el tipo de clon guardaban relación con un menor o mayor aumento en la susceptibilidad o resistencia a la enfermedad.

Se encontró que tanto la pérdida de potasio como la infección fueron mayores en el clon UF 221 que en el SCA 12.

Los resultados también mostraron una reducción estadísticamente significativa de la enfermedad al aumentar las dosis de potasio, siendo más marcada esta reducción en el clon SCA 12.

SUMMARY

The present investigation, conducted under greenhouse and laboratory conditions, was carried out with the object of investigating the influence of potassium in relation to the foliar anthracnosis, caused by the fungus Colletotrichum gloeosporioides Penz, in young cacao plants. A loss of potassium was induced by means of artificial rain, causing later the disease by artificial inoculation with the pathogen.

Cacao seedlings from 1 to 7 months old, of clones UF 221, SCA 12 and Matina, were planted in plastic bags; two months after planting, potassium fertilizer was applied at the rates of 2 and 6 grams per bag.

The plants were subjected to a leaching process by means of an artificial fine rain of demineralized water. The leaching water was passed through a column contaning a cationic resin, Amberlite IR-120, in order to adsorb the potassium leached from the leaves of the plants. Then the resin was eluted with 10% HCl, the potassium in the eluent being determined in a Perkin-Elmer 303 atomic absorption spectrophotometer.

The potassium losses were expresed in miligrams per plant in given leaching time. Later on, the plants that were subjected to leaching as well as those that were not,

were inoculated with the anthracnose fungus.

It was found that potassium exerted a beneficial influence on the incidence of the disease, and that both leaching and clone kept a relation with a smaller or bigger increase in the susceptibility or resistance to the disease.

It was found that both potassium loss and infection were higher for UF 221 clone.

Results also showed a statistically significant decrease of the disease when the dosis of potassium were increased, this decrease being more pronounced in clone SCA 12.

LITERATURA CITADA

1. ACQUAYE, D.K. Foliar analysis as a diagnostic technique in cocoa nutrition. I. Sample procedure and analytical methods. Journal of the Science of Food and Agriculture 15(12):855-863. 1964.

2. _____., SMITH, R.W. and LOCKARD, R.C. Potassium deficiency in unshaded amazon cocoa (Theobroma cacao L.) in Ghana. Journal of Horticultural Science 40(2): 100-107. 1965.

3. AGUIRRE, V.L. Estudio sobre el control de la Antracnosis foliar (Colletotrichum gloeosporioides Penz) en semillero de cacao. Tesis M.A. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1956. 66 p. (Mimeografiado).

4. ALVIM, P. de T. A key to deficiency symptoms of cacao. In Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Tercer curso de cacao, Turrialba, Costa Rica, 1958. 1 p. (Mimeografiado).

5. BOGYO, D. El efecto de las aportaciones de potasio y de cal sobre la aparición y gravedad del Helminthosporium turcicum en el maíz. Revista de la Potasa. Sección 23, p 7. Octubre 1955.

6. BONNER, J. y GALSTON, A.W. Principios de fisiología vegetal. Trad. Federico Portillo. Madrid, Aguilar, 1961. 485 p.

7. BRITISH DRUG HOUSES LTD. Ion exchange resins, 4th ed. Poole, England, n.d. 64 p.

8. BUDOWSKI, G. y SCHREUDER, G.H. The climate at Turrialba. Turrialba, Costa Rica, Inter American Institute of Agricultural Sciences. Communication from Turrialba No. 68. 1962. 36 p.

9. CASSIDY, H.G. Adsorption and chromatography. New York, Interscience, 1951. pp:267-286. (Technique of Organic Chemistry v 5).

10. CLARK, G.L. Enciclopedia de química. Barcelona, Omega, 1961. 818 p.

11. CHATEAU, R.P. Algunos aspectos de actualidad referente al abonado de la piña. L'Engrais No. 56. Noviembre 1952 (citado en Revista de la Potasa, Sección 27, p.3 Agosto 1953).

12. DEUEL, H. Conclusiones relativas al symposium del potasio de 1954. Revista de la Potasa, Sección 28, p 5 Marzo 1955.

13. DOAK, K.D. Effect of mineral nutrition on the reaction of wheat varieties to leaf rust. Phytopathology, 21(1):108. 1931.

14. EL CACAO. Sus plagas, enfermedades y malas hierbas. Agricultura de las Américas 11(2):26-29. 1962.

15. EVANS, H. y FENNAH, R.G. Investigation on the mineral nutrition of cacao. In: Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research. 1945-1951. St. Augustine, Trinidad 1953. pp38-52.

16. FENNA, R.G. The collection of leaf samples of cacao for the assesment of the nutrient status of the tree. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research 1952. St.Augustine, Trinidad,1953. pp 36-40.

17. GLYNNE, M.D. Effect of Potash on Powdery mildew in wheat. Plant Pathology 8(1):15-16. 1959.

18. GRIFFITH, W.K. and WAGNER, R.E. Plant nutrient and disease resistance. Better Crops with Plant Food. v 50(3):2-4. 1966.

19. HALEVY, J. Relación existente entre el fertilizante potásico y la hoja-ennegrecimiento del algodón. Revista de la Potasa. Sección 23, pp 1-6. Febrero 1966.

20. HARDY, H.F. Manual de cacao. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas 1961. pp 259-275.

21. HASTINGS, L.G. de. Muerte descendente causada por Colletotrichum en las plantas de café en almácigo y su combate por medio de aspersiones en Turrialba, Costa Rica. Turrialba 4(3):115-124. 1954.

22. HAVORD, G. Techniques for determining and remedging nutrient deficiencies in cacao. In Conferencia Interamericana de Cacao, 6a, San Salvador, Bahía, Brasil 1956. Bahía, Brasil, Instituto de Cacau da Bahia, 1957. pp 231-242.

23. HELFFERICH, F. Ion exchange. New York, McGraw-Hill, 1962. 624 p.

24. HUNTER, A.H. y COLEMAN, N.T. Ion exchange separation in the determination of some polyvalent metal ions in plant tissue. Soil Science 90(4):214-215. 1960.

25. IDROBO, M.S. Represion del Colletotrichum theobromicolum. Delacroix en Theobroma cacao L. Cacao en Colombia 3:141-156. 1954.

26. INTER-AMERICAN INSTITUTE OF AGRICULTURAL SCIENCES OF THE OAS. Summary of meteorological data from initiation of measurements to Dec. 31,1966. Turrialba, Costa Rica. Mimeografiado.

27. JONES, J.P. and ALEXANDER, L.J. Relation of certain environmental factors and tobacco mosaic virus to blotchy ripening of tomatoes. Phytopathology 52(6): 524. 1962.

28. LAUGHLIN, W.M. Effect of fall and spring application of four rates of potassium and yield and composition of timothy in Alaska. Agronomy Journal 57(6): 555-558.

29. LEIVOBIT, B.A. Seedbed anthracnose (Colletotrichum gloeosporioides Panz, cacao straim) of cacao in Costa Rica. M.A., Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1951. 112 p.

30. LELLIS, W.T. Influencia da sombra e da luz sobre a incidencia natural do Colletotrichum en plantulus de cacaueiro. Informe sin publicar. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1954. 7 p. (mecanografiado).

31. LOTT, W.L., et al. La técnica del análisis foliar en los estudios del café. New York. Instituto IBEC de Investigaciones técnicas. Boletín No. 9. 1959. 29 p.

32. LOUE, A. Estudios de la carencia y deficiencias minerales en el cacao. Fertilité No. 14:22. 1961-1962.

33. MACHICADO, M. y ALVIM, P. de T. Sintomatología de las deficiencias minerales de cacao. Turrialba 4(3):155-163. 1954.

34. _____ y HAVORD, G. La nutrición mineral del cacao, algunos resultados preliminares del análisis químico de hojas de cacao. In Conferencia Interamericana de Cacao. 7a. Palmira, Colombia, 1958. Bogotá, Colombia, Ministerio de Agricultura, 1960. pp 56-64.

35. McKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by Helminthosporium sativum. Journal of Agricultural Research 26(5):195-200. 1923.

36. MELLO, R.E.T. de. Observacoes sobre abrusone do arroz e seu controle. Tropical Abstracts 16(12):808. 1961.

37. MEYER, B., et al. Introduction to plant physiology. Princeton, N.J., Van Nostrand, 1960. 541 p.

38. NACHOD, F.C. y SCHUBERT, J. Ion exchange technology, New York, Academic Press, 1965. 660 p.

39. PANDLAI, K.M. y MENON, K.P.V. Sobre el empleo de la potasa como fertilizante con sus efectos sobre el rendimiento, calidad y resistencia a la enfermedad, en el cocotero. Indian Cocon J. 10. No. 3. 1917. Citado en la Revista de la Potasa. Sección 27. p 15. Febrero 1960.

40. PRIMAVESI, A.M. La absorción de potasa y tendencia de ser afectado por parásitos en los cultivos agrícolas de las regiones tropicales del Brasil. Revista de la Potasa Sección 23, pp.1-3. Junio 1964.

41. RICH, S. Fertilizers influence the incidence of tomato internal browing in the field. Phytopathology 48:448-450. 1958.

42. RODRIGUEZ, R.M. Lixiviación de potasio, magnesio y calcio del follaje de plantas de cacao por efecto de una lluvia artificial. Tesis Mg.Sc., Turrialba, Costa Rica, 1965, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 67 p.

43. SANCHEZ POTES, A. La antracnosis foliar del cacao. Palmira, Colombia, Facultad de Agronomía. Acta agronómica 3(1):41-64. 1953.

44. SANKARASUBRAMONEY, K.M., et al. Estudios de las relaciones entre las condiciones del suelo y las enfermedades radiculares y foliaceas del cocotero en Travanocore Cochin. Indian Coconut J. 9(2):90. 1956. Original no consultado, citado en la Revista de la Potasa, Sección 27, p. 1, Mayo 1957.

45. SHANDS, W.A. Jr., and CRITTENDEN, H.W. The influence of nitrogen and potassium on the relation-ship of Meloidogyne incognita acrita and soybeans. Phytopatholgy 47:454. 1957.

46. SINGH, S. Effect of mineral nutrition on the incidence of net-blotch of barley. In Indian Journal of Agricultural Science 33(1):1-6. 1963.

47. SMITH, A.L. A regional study of the relation-ship of potash treatments to the development of cotton wilt under widely varying conditions of soils and environment. Phytopathology 30:707. 1940.

48. SNEDECOR, G.W. Métodos de estadística. México, Compañía Editorial Continental S.A., 1964. pp. 157-198, 422-424.

49. STAPEL, C. Efecto secundario de la carencia de potasio. Revista de la Potasa. Sección 23, pp. 1-5. Febrero 1958.

50. STEEL y TORRIER. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill Book Co., Inc. New York 1960. p.173.

51. STENLID, G. Salt losses and redistribution of salts in higher plant. In Ruhland, W. et al. Handbuch der Pflanzenphysiologie. Berlin, Springer, 1958. Vol. 4, pp 615-633.

52. STRUCHTEMEYER, R.A. Potassium suppressor of diseases and other disorders in potatoes. Better Crops with Plant Food 50(3):14-16. 1966.

53. SYLVAIN, P.G. Studies on die-back. Unpublished report. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences. 1952. 15 p. Mecanografiado.

54. TUKEY, H.B., Jr. y MECKLEMBURG, R.A. Leaching of metabolitis from foliage and subsequent reabsorption and redistribution of the leachate in plants. American Journal of Botany. 51(7):737-742. 1964.

55. _____ y MORGAN, J.B. The ocurrence of leaching from above ground parts and the nature of the material leached. In International Horticultural Congress, 16th, Bruselas, Aug. 31-Set. 8, 1962. Belgium, J. Duculet, 1962. pp:153-160.

56. _____ y TUKEY, H.B. Sr. The loss of organic and inorganic materials by leaching from leaves and other above-ground plant part. Viena International Atomic Energy Agency, 1962. pp 269-302.

57. _____, TUKEY, H.B. Sr. y WITTWER, S.H. Loss of nutrients by foliar leaching as determined by radio-isotopes. American Society for Horticultural Sciences Proceedings. 71:496-506. 1958.

58. TUKEY, H.G., Sr. y TUKEY, H.B. Jr. Practical implications of nutrient losses from plant foliage by leaching. American Society for Horticultural Science Proceedings 74:671-676. 1959.

59. UEXKUELL, von H.R. Rice diseases and potassium deficiency. Better Crops with Plant Food 50(3):28-29. 1966.

60. ULRICH, A. Plant analysis as a diagnostic procedure. Soil Science 55(1):101-112. 1943.

61. URAHN, M. de. Análisis de hojas, su aplicación en la investigación de la nutrición mineral de las plantas. Centro Nacional de Investigación de Café (Colombia), Boletín Informativo 3(33):18-26. 1952.

62. URQUHART, D.H. Cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, 1963. 522 p. Versión española de Juvenal Valerio.

63. WADE, G.C. Brown lot of apricot, control by potassic fertilizer. Tasmanian Dept.of Agriculture. Original no consultado, citado en la Revista de la Potasa Sección 23, pp 1-3. Marzo 1953.

64. _____. Investigations on brown rot of apricots caused by Sclerotinia fruticola (wint), Rehm. II. The relationship of the potassium status of apricot trees to brown rot susceptibility. Australian Journal of Agricultural Research. 7(6):516-526. 1956.

65. WITTWER, S.H. y TEUBNER, F.G. Foliar absorption of mineral nutrients. Annual Review of Plant Physiology 10:13-27. 1950.