AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523

BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY

1. SUBJECT CLASSIFICATION

A. PRIMARY: Agriculture — AF22-0000-0000

B. SECONDARY: Soil chemsitry and physics

2. TITLE AND SUBTITLE

A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data

3. AUTHOR(S)

Cate,R.B.; Nelson,L.A.

4. DOCUMENT DATE: 1965

5. NUMBER OF PAGES: 26p.

6. ARC NUMBER: ARC 631.42.N864d

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS

N.C.State

8. SUPPLEMENTARY NOTES (*Sponsoring Organization, Publishers, Availability*)

(In Technical bul.no.1)
(In English,Spanish,and Portuguese)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER: PN-RAA-418

11. PRICE OF DOCUMENT

12. DESCRIPTORS

Assimilation
Correlation techniques
Soil analysis

13. PROJECT NUMBER

14. CONTRACT NUMBER: CSD-287 Res.

15. TYPE OF DOCUMENT

AID 590-1 (4-74)

9

Wolf/Rich
Copy 3

JULY 1965

TECHNICAL BULLETIN NO. 1

A RAPID METHOD FOR CORRELATION OF SOIL TEST ANALYSES WITH PLANT RESPONSE DATA

UN MÉTODO RÁPIDO PARA CORRELACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO CON ENSAYOS DE FERTILIZANTES

UM MÉTODO RÁPIDO PARA CORRELAÇÃO DE ANÁLISES DE SOLO COM ENSAIOS DE ADUBAÇÃO

INTERNATIONAL Soil Testing

The Authors

Robert B. Cate, Jr. is a Regional Soil Scientist with the International Soil Testing Project of North Carolina State University, and is stationed in Rio de Janeiro, Brazil.

Larry A. Nelson is a member of the Department of Statistics of the North Carolina State University at Raleigh.

* * * * * *

This paper has been approved for publication as Tech. Bul. No. 1 of the International Soil Testing Series, by the North Carolina State University Agricultural Experiment Station in cooperation with the Agency for International Development, Department of State, Washington, D.C.

A RAPID METHOD FOR CORRELATION OF SOIL TEST ANALYSES WITH PLANT RESPONSE DATA

Robert B. Cate, Jr. and Larry A. Nelson

One of the problems encountered in soil testing is the interpretation of the results obtained. This is necessary before good use can be made of any soil testing procedure. Likewise, it is essential if a comparison is to be made between one procedure and another. Interpretation of the soil tests must be made in light of the use that will be made of the results. Some of the more important objectives of soil testing (1) are:

- To group soils into classes for suggesting fertilizer and lime practices.
- To predict the probability of getting a profitable response to the application of plant nutrients.
- To help evaluate soil productivity.
- To determine specific soil conditions which may be improved by addition of soil amendments or cultural practices.

Soil tests can be calibrated in several ways. One common procedure is the correlation of soil test values with the increase in yields of plants supplied with the nutrient being studied.

One of the most exhaustive studies made using this procedure was that carried out by the Soil Test Work Group of the National Soil Research Committee (4), in which 74 soils from all over the United States were analyzed by 55 laboratories. A total of nine different extraction methods for phosphorus were used by the different laboratories. Percentage yields were computed from pot trials with millet adequately supplied with all nutrients except phosphorus, using the formula: Percentage yield equals yield without phosphorus divided by yield with adequate phosphorus times 100. In this study, simple linear correlation coefficients were computed for the relationship between percentage yields and soil test values by different methods. Taking all soils into account, the highest r value was 0.7 (for the Bray No. 1 method). The Soil Test Work Group pointed out that scatter diagrams showed that the relationship between percentage yields and soil test values was actually curvilinear, rather than linear, and that frequency distribution tables presented a somewhat different picture than correlation studies alone.

The present authors have felt that these results and results of similar studies have shown the need for a more adequate representation of the relationship

between soil test values and percentage yield values. Therefore, some of the original Soil Test Work Group data have been reworked using the methods described in this paper.

From scatter diagrams, it is obvious that the curve representing the relationship between percentage yield curves and soil test values is not linear, or often not even of a higher ordered polynomial form. A rectangular hyperbola or a non-rectangular hyperbola having a 100% asymptote would seem to be more appropriate. Curves of this type are not easily fit, especially without the aid of a digital computer. In addition, it is difficult to identify a single inflection point representing the transition from the region of high to the region of low probability of response.

One of the chief aims in attempting to relate percentage yield to soil test values is to find the point of inflection on the curve (termed "critical soil test level") below which the probability of an economic response to added fertilizer is high, and above which the probability of such a response is low. Such a point can be obtained rather readily without going through the laborious iterative fitting of a rectangular or non-rectangular hyperbola, if it is assumed that the points belong to one of two groups, each group more or less parallel to one of the axes. The rationale behind such a partitioning into two groups of points is that the critical level is the level above which the element being measured is no longer a primary limiting factor.

If such a group assumption is made, the entire curve could be thought of as two straight lines intersecting at a point. Fitting the curve would then involve fitting two intersecting lines, one for each group, in such a manner that the squares of the deviations from the two lines would be minimized simultaneously. The point where the two lines intersected would then be taken as the "critical soil test level" separating the high and low test values. This method, while computationally less tedious than fitting a rectangular or non-rectangular hyperbola, would normally involve several iterations in order to find the "least squares" set of intersecting lines. A computer program for finding this "least squares" set of intersecting lines and their intersection point has been written and is used for problems of this type at Iowa State University.[1/]

1/ Personal communication with Dr. Foster B. Cady, Statistical Laboratory, Iowa State University.

The method developed in this paper is perhaps somewhat less precise than the fitting of a hyperbola or the least squares intersecting lines, but it has the advantage that it is computationally less involved. This advantage may be particularly important in areas where sophisticated computing equipment is not readily accessible. There is some question as to how much precision is necessary for making the split between the area of the curve for which the probability of response is high and that for which the probability is low. It would seem that after an initial estimate of the value of the critical level is made, some adjustments in either direction might later be necessary as results from pot trials and field experiments are obtained. These adjustments would tend to reduce the need for highly precise initial estimates.

Certain of the concepts and techniques of the method described below are based upon Olmstead and Tukey's nonparametric test of association (3) which separates the area of the graph (in this case, percentage yield vs. soil test values) into four distinct quadrants. However, the underlying purpose and certain aspects of technique differ markedly as may be seen in the following step-by-step description of the new method:

1. The scatter diagram of percentage yield (Y-axis) vs. soil test value (X-axis) is plotted on arithmetic paper. The range in values on the Y-axis will always be 0 to about 100 per cent, whereas the range for values on the X-axis will vary with the soil test procedure, the particular soils studied, and the nutrient involved.

2. A piece of clear plastic having roughly one and one-half the dimensions of the graph is cut out for use as an overlay. A pair of intersecting perpendicular lines is drawn on the overlay with black India ink in such a way that it is divided into four sectors having areas of roughly the same relative size as those shown in Figure 1. The signs of these four quadrants are then labelled with black India ink.

3. The overlay is moved about horizontally and vertically on the graph, always with the two lines parallel to the two axes on the graph, until the number of points showing through the overlay in the two positive quadrants is at a maximum (or conversely, the number of points in the negative quadrants is at a minimum).

4. The positions of the lines on the overlay with respect to the axes of the graph are transferred to the graph by making marks on the edges of the graph. The two intersecting lines are then drawn lightly on the graph with pencil.

The point where the vertical line crosses the X-axis will be defined as the critical soil test level.

The results of using this method on Soil Test Work Group data representing nine different extracting solutions are shown in Figures 2-10. Although all extraction methods give rather good results, the superiority of the first two methods is quite evident since they most clearly split the two populations and, hence, best define the critical soil test level.

The results obtained by applying this technique to a set of raw field data (2) are shown in Figure 11. In replicated experiments such as this one, the means over all replications are plotted on the scatter diagrams. The critical levels are sharply enough defined to have considerable prediction value. The graphs do not in themselves, provide the basis for quantified fertilizer recommendations, but they do permit the statement: "Below the critical soil test level, the probability of economic response is high (soil test values "Low"), while above this level there is only a small chance of obtaining a large response (soil test values "High")." In addition, a "Medium" category might be established in the lower part of the "High" zone if maintenance applications were deemed advisable in some cases.

UN MÉTODO RÁPIDO PARA CORRELACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO CON ENSAYOS DE FERTILIZANTES

Robert B. Cate, Jr. y Larry A. Nelson

Uno de los problemas que se confrontan en el análisis de suelo es la interpretación de los resultados obtenidos y la cual es necesaria antes de poder darle buen uso a cualquier método de análisis de suelo que se adopte. Igualmente, hay que considerarla como esencial, si ha de compararse un método con otro. En la interpretación del análisis de suelo se debe tener presente el uso que se pretenda dar a los resultados. Algunos de los objetivos más importantes del análisis de suelo (1) son los siguientes:

- Agrupar los suelos en clases para poder hacer las sugerencias pertinentes de cal y fertilizantes.
- Predecir las probabilidades de lograr resultados beneficiosos mediante la aplicación de nutrientes a las plantas.
- Ayudar a evaluar la productividad del suelo.
- Determinar las condiciones específicas del suelo que puedan ser mejoradas mediante la adición de enmiendas y prácticas de cultivo.

Los análisis de suelo pueden ser calibrados de distintos modos. Un método corriente es la correlación de los resultados con el aumento en rendimiento de las plantas que han sido provistas con el nutriente bajo estudio.

Uno de los estudios más amplios y en el cual se utilizó este procedimiento, fué el efectuado por el Grupo de Trabajo de Análisis de Suelo del Comité Nacional de Investigaciones de Suelos, en el cual 75 suelos representativos de todos los Estados Unidos, fueron analizados por 55 laboratorios (4). Los distintos laboratorios emplearon un total de nueve métodos de extracción de fósforo. Se computó el porcentaje de rendimientos obtenido en ensayos de tiesto con Sorghum vulgare, los cuales fueron adecuadamente provistos de todos los nutrientes excepto fósforo, usándose la fórmula : Porcentaje de rendimiento equivale a producción sin fósforo, dividida por la producción con fósforo adecuado, multiplicado por 100. En este estudio se computaron los coeficientes de correlación linear simples para posibles relaciones entre el porcentaje de rendimiento y los valores de los análisis de suelo por diferentes métodos. Tomando todos los suelos analizados en consideración

el valor r más elevado fué 0.7 (por el método Bray No. 1). El Grupo de Trabajo indicó que los gráficos revelaron que la relación entre el rendimiento y los resultados de los análisis era realmente de forma curvilínea en vez de linear, y que los cuadros de distribución de frecuencia mostraron un aspecto algo diferente a los estudios de correlación solamente.

Los autores de este estudio opinan que estos resultados y los resultados de otros estudios semejantes, demuestran la necesidad existente de una representación adecuada de la relación entre los valores del análisis de suelo y los valores de rendimiento. Por lo tanto, algunos de los datos originales del Grupo de Trabajo han sido sometidos a una reinvestigación, usándose el método descrito en este informe.

Según los diagramas de distribución, es obvio que la curva representando la relación entre el porcentaje de rendimiento y la curva de los valores del análisis de suelo, no es linear o frecuentemente, ni siquiera tiene una forma de alto orden polinomial. Una hipérbole rectangular o no-rectangular, teniendo una asíntota de 100%, fuese tal vez más apropiada. Curvas de este tipo no se ajustan facilmente, especialmente sin la ayuda de un computador electrónico. Además, es difícil identificar un simple punto de inflexión representativo de la transición de una región de alta probabilidad de respuesta a una de baja.

Uno de los principales objetivos en tratar de relacionar el porcentaje de rendimiento a los valores del análisis de suelo, es encontrar el punto de inflexión en la curva (denominado "nivel crítico" del análisis de suelo), debajo del cual la probabilidad de una respuesta económica a la adición de fertilizantes es alta y por encima del cual la probabilidad es baja. El referido punto puede ser localizado con cierta facilidad sin recurrir a un trazado iterativo laborioso de una hipérbole rectangular o no-rectangular, si asumimos que los puntos pertenecen a uno de dos grupos; cada grupo más o menos paralelo a uno de los ejes. La razón por la cual se hace una partición en dos grupos de puntos se basa en que el nivel crítico es el nivel por encima del cual el elemento que está siendo determinado deja de ser un factor limitante primario.

Si estas inferencias se toman, la curva entera podría ser considerada como dos líneas rectas intersectándose en un punto. El ajustamiento de la curva envolvería el ajuste de dos líneas intersectadas, una para cada grupo, en cierta manera que el cuadrado de las desviaciones de las dos líneas sería reducido

simultáneamente. El punto donde las dos líneas se intersectan sería entonces tomado como el "nivel crítico" del análisis de suelo, separando los valores altos y bajos. Este método de cálculo, mientras que es menos tedioso en la computación que el del ajuste de hipérboles rectangulares o no-rectangulares, normalmente requeriría varias iteraciones con el fin de encontrar el conjunto de "mínimos cuadrados" de líneas intersectadas. Un programa de cómputo para encontrar el grupo de "mínimos cuadrados" de líneas intersectadas y sus puntos de intersección, ha sido escrito recientemente y es usado para problemas de este tipo por la Universidad del Estado de Iowa.[1/]

El método desarrollado en este informe es quizás un poco menos preciso que el ajuste de una hipérbole o de los mínimos cuadrados de líneas intersectadas, pero tiene la ventaja de requerir menos cómputos. Esta ventaja puede ser particularmente importante en áreas donde los equipos complejos de cómputo no son fácilmente accesibles. Hay ciertas dudas en cuanto a la precisión necesaria para hacer la división entre el área de la curva para la cual la probabilidad de respuesta es alta y aquella para la cual la probabilidad es baja. Tal parece que después de hacerse un estimado inicial del valor del nivel crítico, sea necesario hacer más tarde algún ajuste en ambas direcciones, de acuerdo con los resultados obtenidos en ensayos de tiesto y experimentos de campo. Estos ajustes tenderían a reducir la necesidad de hacer estimados iniciales de alta precisión.

Algunos de los conceptos y técnicas de los métodos descritos a continuación están basados en las pruebas de asociación no-paramétricas de Olmstead and Tukey (3), las cuales separan el área del gráfico (en este caso por ciento de rendimiento vs. valores del análisis de suelo) en cuatro cuadrantes distintos. Sin embargo, los objetivos implícitos y ciertos aspectos de técnica difieren marcadamente, como se puede apreciar en la siguiente descripción detallada paso a paso del nuevo método:

1. Gráfico de la distribución del porcentaje de rendimiento (eje-Y) vs. los valores del análisis de suelo (eje-X) trazado en papel cuadriculado. La escala de valores en el eje Y será siempre de 0 a 100 por ciento, mientras que la escala de valores en el eje X variará de acuerdo con el procedimiento del análisis de suelo que se use, el suelo estudiado y los nutrientes envueltos.

1/ Comunicación personal con Dr. Foster B. Cady, Laboratorio de Estadísticas, Iowa State University.

2. Un pedazo de plástico transparente de tamaño aproximadamente una vez y media las dimensiones del gráfico es cortado para usarse sobrepuesto al gráfico ("overlay"). Se traza un par de líneas perpendiculares intersectadas sobre el plástico, con tinta china negra, en tal forma que el plástico sea dividido en cuatro sectores con áreas aproximadas al mismo tamaño relativo de las mostradas en la Figura 1. Los puntos claves de los cuatro cuadrantes son marcados también con tinta china negra.

3. El plástico se mueve sobre el gráfico en forma horizontal y vertical, siempre con las dos líneas paralelas a los dos ejes del gráfico, hasta que el número de puntos percibidos a través del plástico en los dos cuadrantes positivos sea el máximo (o a la inversa, cuando el número de puntos en los cuadrantes negativos sea el mínimo).

4. La posición de las líneas en el plástico con respecto a los ejes del gráfico, son transferidas a éste, mediante la marcación de puntos a lo largo de los márgenes. Se dibuja entonces en el gráfico, las dos líneas intersectadas usando un lápiz y trazándolas levemente. El punto donde la línea vertical cruza el eje-X será definido como el nivel crítico del análisis de suelo.

Los resultados logrados mediante el uso de este método en los datos del Grupo de Trabajo, representando nueve soluciones diferentes de extracción, pueden ser observados en las Figuras 2-10. Aunque todos los métodos de extracción dan bastante buenos resultados, la superioridad de los primeros dos métodos es evidente, ya que se destacan con más claridad las dos agrupaciones y por lo tanto, definen mejor el "nivel crítico" del análisis de suelo.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta técnica a un conjunto de datos sobre ensayos de campo (2) pueden ser apreciados en la Figura 11. En experimentos replicados como éste, todas las medias de las replicaciones son trazadas en los gráficos de distribución. Los niveles críticos son lo suficientemente definidos para ofrecer un valor de predicción considerable. Los gráficos en sí no proveen la base para hacer recomendaciones de cantidades de fertilizantes, no obstante, permiten la siguiente declaración: "Debajo del 'nivel crítico' del suelo la probabilidad de una respuesta económica a fertilizantes, es alta (valores del análisis de suelo "Bajos"), mientras que por encima del 'nivel crítico' hay solo una oportunidad pequeña de obtener una respuesta amplia (valores del análisis de suelo "Altos")." Además, existe la alternativa de establecer una categoría "Medio" en la parte más baja de la zona "Alta" si se considera justificadas las aplicaciones de mantenimiento en algunos de los casos.

UM MÉTODO RÁPIDO PARA CORRELAÇÃO DE ANÁLISES DE SOLO COM ENSAIOS DE ADUBAÇÃO

Robert B. Cate, Jr. e Larry A. Nelson

Um dos problemas encontrados em programas de análises de solo para os lavradores é a interpretação dos resultados obtidos, o que é necessário, antes que se possa tirar proveito de qualquer método. Do mesmo modo, temos que considerar a interpretação como essencial, se quisermos estabelecer uma comparação entre um método e outro. A interpretação de análises de solo deve ser feita tendo em vista o uso que se pretende fazer dos resultados obtidos. Alguns dos mais importantes objetivos de análise de solos para os lavradores são os seguintes (1):

Agrupar os solos em classes, para que se possa sugerir o fertilizante indicado e as práticas de calagem adequadas.

Predizer a probabilidade de se alcançar um resultado lucrativo com a aplicação de fertilizantes.

Auxiliar a avaliação da produtividade do solo.

Identificar condições específicas do solo que possam ser melhoradas mediante a incorporação de corretivos ou utilização de práticas de cultivo.

Análises de solo podem ser calibradas de vários modos. Um método comum consiste na correlação dos resultados de análise do solo com o aumento nos rendimentos de plantas supridas com o nutriente que está sendo estudado. Um dos estudos mais completos utilizando êste método foi o efectuado pelo Grupo de Trabalho de Análise de Solo, do Comité Nacional de Pesquisa do Solo (EUA), no qual 55 laboratórios analisaram 74 amostras de solos colhidas em todo o país (EUA) (4). Um total de nove diferentes métodos de extracão de fósforo foram empregados pelos diferentes laboratórios. As produções relativas foram computadas de ensaios de vaso com painço, adequadamente supridos com todos os nutrientes, menos o fósforo, usando-se a fórmula: Produção relativa é igual à produção sem fósforo, dividida pela produção com fósforo adequado, multiplicado por 100. Neste estudo os coeficientes de correlação linear simples foram computados para possíveis relacões entre produção relativa e os valores de análises por diferentes métodos. Tomando em consideracão todos os solos examinados, o valor r mais elevado foi 0,7 (para o método Bray No. 1). O Grupo de Trabalho notou que os gráficos revelaram que a relacão entre as producões relativas e os valores de análises de solo tinham uma forma curvilínea ao invés de

linear e que os quadros de distribuicão de frequência mostraram um aspecto de certo modo diferente daquêle do estudo de correlação sòzinho.

Os autores acharam que êstes resultados, e os resultados de estudos semelhantes, justificam a procura de uma representacão mais adequada das relações entre os valores de análises de solo e os valores de produção relativa. Diante disso, alguns dos dados originais apurados pelo Grupo de Trabalho foram submetidos a uma nova interpretação, usando o método descrito no presente comunicado.

Olhando os gráficos é óbvio que a curva representativa da relação entre os valores de produção relativa e as análises de solo não é linear, e muitas vêzes nem mesmo tem a forma de um polinomio de alta orden. Uma hipérbole retangular ou uma hipérbole não-retangular com uma assíntota de 100% talvez fôsse mais apropriada. As curvas dêsse tipo não podem ser traçadas com facilidade, especialmente sem o auxílio de um computador eletrônico. Além disso é difícil indentificar um simples ponto de inflexão representativo da transição de uma região de alta probabilidade de resposta para outra onde essa probabilidade é baixa.

Um dos principais objetivos ao tentarmos relacionar produção relativa com análises de solo consiste em encontrarmos o ponto de inflexão (denominado "nível crítico") abaixo do qual a probabilidade de um resultado econômico devido a adição de adubo, é elevado, e acima do qual a probabilidade é baixa. O referido ponto pode ser localizado com certa facilidade sem a necessidade de um traçado iterativo laborioso de uma hipérbole retangular ou não retangular, se admitirmos que os pontos pertencem a um de dois grupos, cada um dos quais mais ou menos paralelos a um dos eixos. A justificação dessa divisão em dois grupos baseia-se em que o nível crítico é o nível acima do qual o elemento que está sendo determinado não é um fator limitativo importante.

Se pensarmos assim, a curva inteira pode ser considerada como duas linhas retas que se intersectam num ponto. O traçado dessa curva envolveria então o traçado de duas linhas intersectantes, uma para cada grupo, de maneira que os quadrados dos desvios das duas linhas seriam simultaneamente reduzidos ao mínimo. O ponto onde as duas linhas se intersectam seria então considerado como o "nível crítico", separando os valores "altos" e "baixos" de análise de solo. Este método de cálculo, conquanto seja menos laborioso que o traçado de uma hipérbole retangular ou não-retangular, envolve normalmente várias iterações para se encontrar o conjunto de "mínimos quadrados" das linhas intersectantes. Um programa de computador eletronico para os trabalhos de cálculo dêsses conjuntos de "mínimos quadrados"

acaba de ser preparado e está sendo usado para problemas deste tipo na Iowa State University.[1]

O método desenvolvido no presente comunicado é talvez um pouco menos preciso que o do traçado de uma hipérbole ou das linhas de intersecção de mínimos quadrados, mas tem a vantagem de envolver menos cálculos. Esta vantagem pode ser particularmente importante em áreas onde computadores electrônicos não são facilmente accessíveis. Existem algumas dúvidas quanto à precisão necessária na delimitação das duas partes da curva, porque a impressão que se tem é que após uma estimativa inicial do valor do nível crítico, alguns ajustamentos poderiam vir a ser necessários em qualquer direção a proporção que os resultados de ensaios de vaso e de campo forem sendo obtidos. Esses ajustamentos tenderiam a reduzir a necessidade de estimativas iniciais de elevada precisão.

Alguns dos conceitos e técnicas do método que descrevemos a seguir são baseados no teste de associação não paramétrica de Olmstead and Tukey (3) que separa a área do gráfico (neste caso, produção relativa vs. análises de solo) em quatro quadrantes distintos. Entretanto, os objetivos implícitos e certos aspectos da técnica se diferenciam marcantemente conforme se pode observar na seguinte descrição passo-a-passo do nôvo método.

1. O gráfico de produção relativa (eixo de Y) vs. análise de solo (eixo de X) é definido em têrmos aritméticos. A escala de valores sôbre o eixo Y será sempre de aproximadamente 100 por cento, ao passo que a escala de valores sôbre o eixo X será variável em funcão do método de análise usado, as características dos solos e os nutrientes em estudo.

2. Un pedaço de plástico transparente, medindo aproximadamente uma vez e meia as dimensões do gráfico, é cortado para ser usado como "overlay" (máscara transparente). Um par de linhas perpendiculares que se intersectam é desenhado sôbre êsse plástico com tinta nanquim, de tal modo que êle fique dividido em quatro setores, com áreas aproximadamente iguais as mostradas na Figura 1. Estes quatro quadrantes são marcados com tinta nanquim, de acôrdo com seus sinais.

3. O pedaço de plástico é deslocado horizontalmente e verticalmente sôbre o gráfico, sempre com as duas linhas permanecendo paralelas com os dois eixos do gráfico, até que seja máximo o número de pontos que aparecem através do plástico nos dois quadrantes positivos (ou inversamente seja mínimo o número de pontos nos

1. Comunicado particular de Dr. Foster B. Cady, Statistical Laboratory, Iowa State Univ.

quadrantes negativos).

4. As posições das linhas sôbre o plástico, com respeito aos eixos do gráfico, são transferidas para o gráfico mediante a marcação de pontos ao longo das margens. As duas linhas intersectantes são então desenhadas levemente sôbre o gráfico, com um lápis. O ponte onde a linha vertical atravessa o eixo X é definida como o "nível crítico".

Os resultados do uso deste método com os dados fornecidos pelo Grupo de Trabalho de Análise de Solo, representando nove soluções diferentes de extração, são mostrados nas Figuras 2-10. Embora todos os métodos de extração foreçam resultados mais ou menos satisfatórios, a superioridade dos dois primeiros métodos é evidente, pois êles destacam mais claramente as duas populações e, consequentemente, definem melhor o "nível crítico".

Os resultados conseguidos pela aplicação desta técnica a um conjunto de dados de ensaios de campo (2) são mostrados na Figura 11. Em experimentos replicados como êste, as médias das repetições são utilizadas. O "nível crítico" é definido com nitidez suficiente para possuir um valor considerável para efeito de previsão. Os gráficos dêste tipo propriamente não servem de base para recomendações quantitativas de adubação, mas permitem a afirmativa: "Abaixo do 'nível crítico' a probabilidade de resultados econômicos com adubação é elevada (valores 'Baixos'), enquanto que acima do 'nível crítico' existe apenas uma pequena possibilidade de se obter um resultado compensador (valores 'Altos')." Existe a alternativa de se estabelecer uma zona "Media" na parte mais baixa da zona "Alta", no case em que aplicações de manutenção ou de "segurança" sejam consideradas aconselháveis.

References
Literatura Citada
Bibliografia Citada

1. Fitts, J. W. and Nelson, W. L., "The determination of lime and fertilizer requirements of soils through chemical tests," Advances in Agronomy 8:241-282, 1955.
2. Freitas, L. M. M. de, McClung, A. C., and Pimentel Gomes, F., "Determinação das áreas deficientes en pótassio para a cultura de algodão," Fertilité, no. 26, 1965 (in press).
3. Olmstead, P. S. and Tukey, J. W., "A corner test for association," Ann. Math. Stat. 18:495-513, 1947.
4. Soil Test Work Group of National Soil Research Committee, "Soil Tests Compared with Field, Greenhouse, and Laboratory Results," North Carolina Agricultural Experiment Station, Tech. Bull. No. 121, 1956.

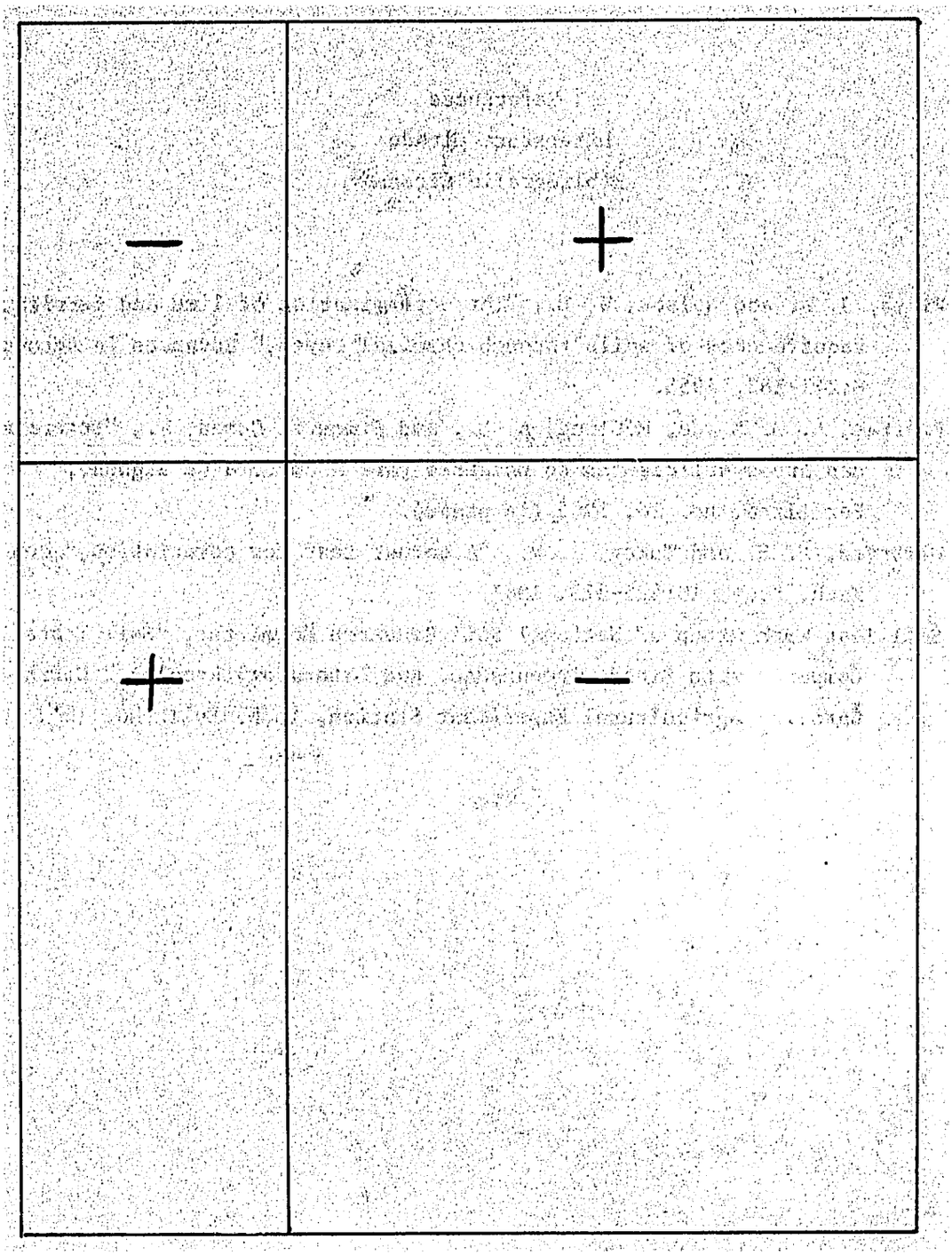

Fig.1 - Format of clear plastic overlay which is used for finding critical soil test values.

Modelo de plástico transparente que sobrepuesto al gráfico se usa para determinar valores críticos de análisis de suelos.

Modelo de plástico transparente "overlay" usado para determinar valores críticos em análise de solos.

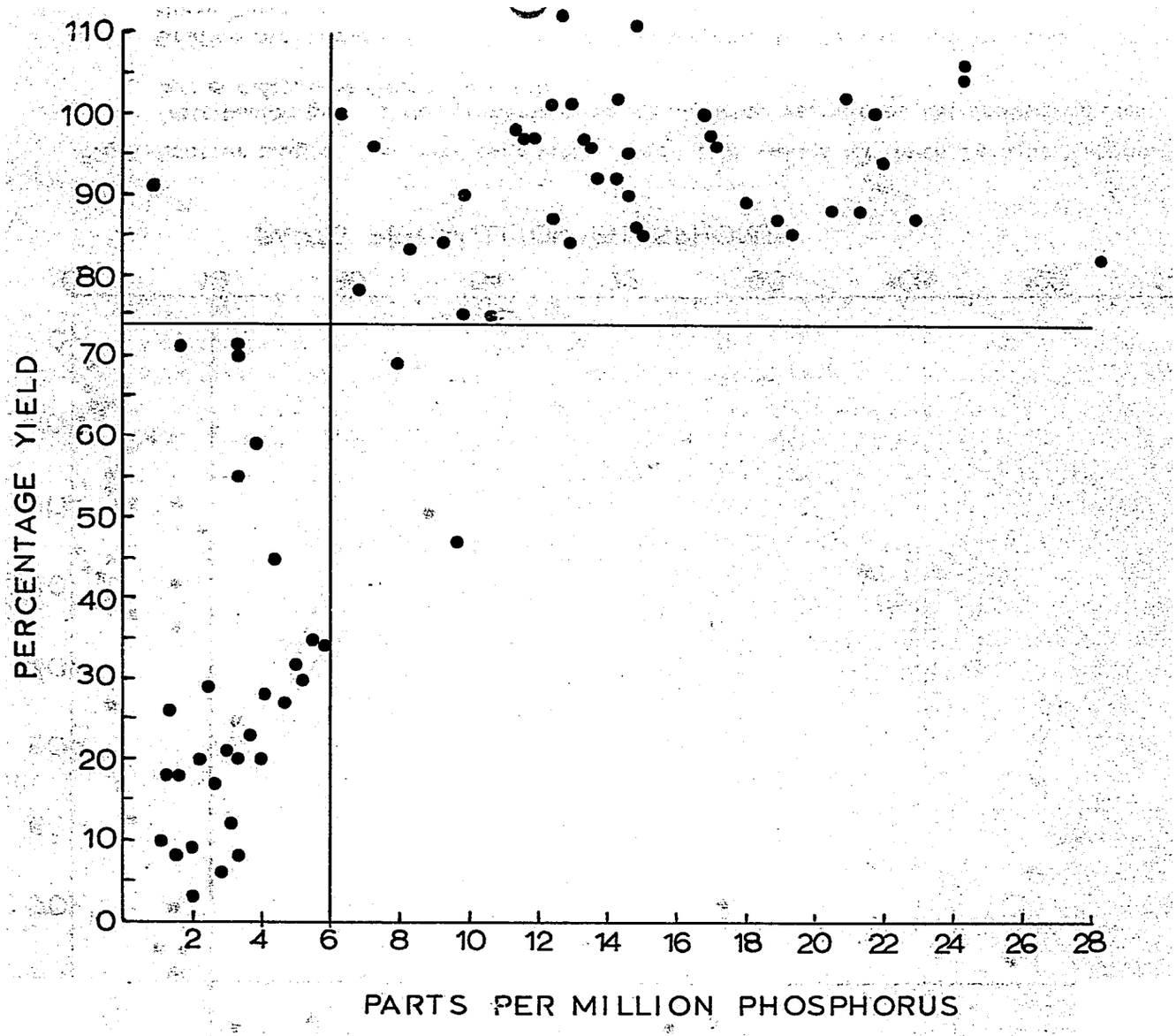

Fig. 2—Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for Bray No. 1 Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. valores del análisis de suelo por el Método Bray No. 1.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método Bray número 1.

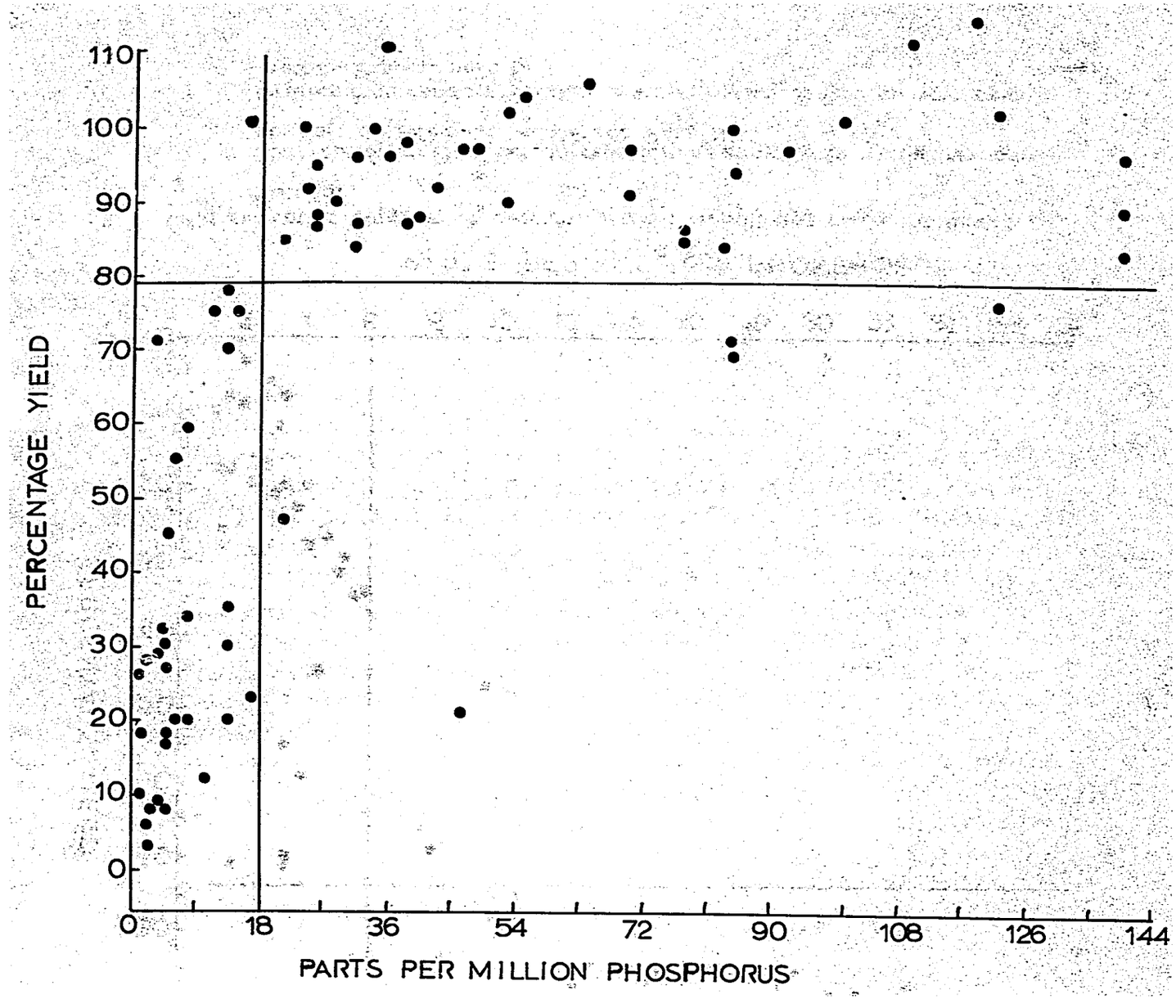

Fig. 3 – Scatter diagram of percentage yield vs. soil test values for North Carolina Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. valores del análisis de suelo por el método de North Carolina.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método North Carolina.

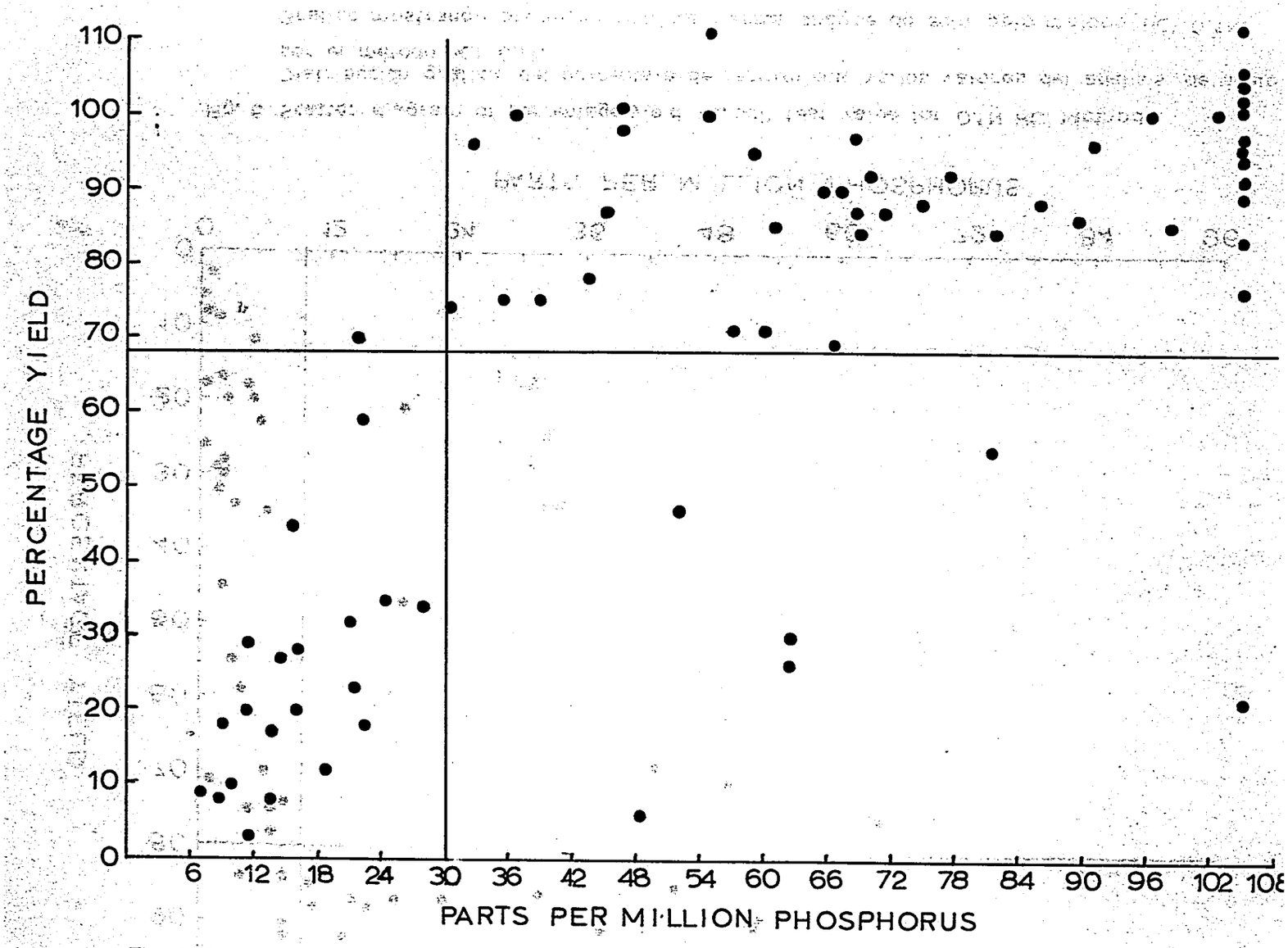

Fig. 4–Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for Bray No. 2 Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. valores del análisis de suelo por el método Bray No. 2.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método Bray número 2.

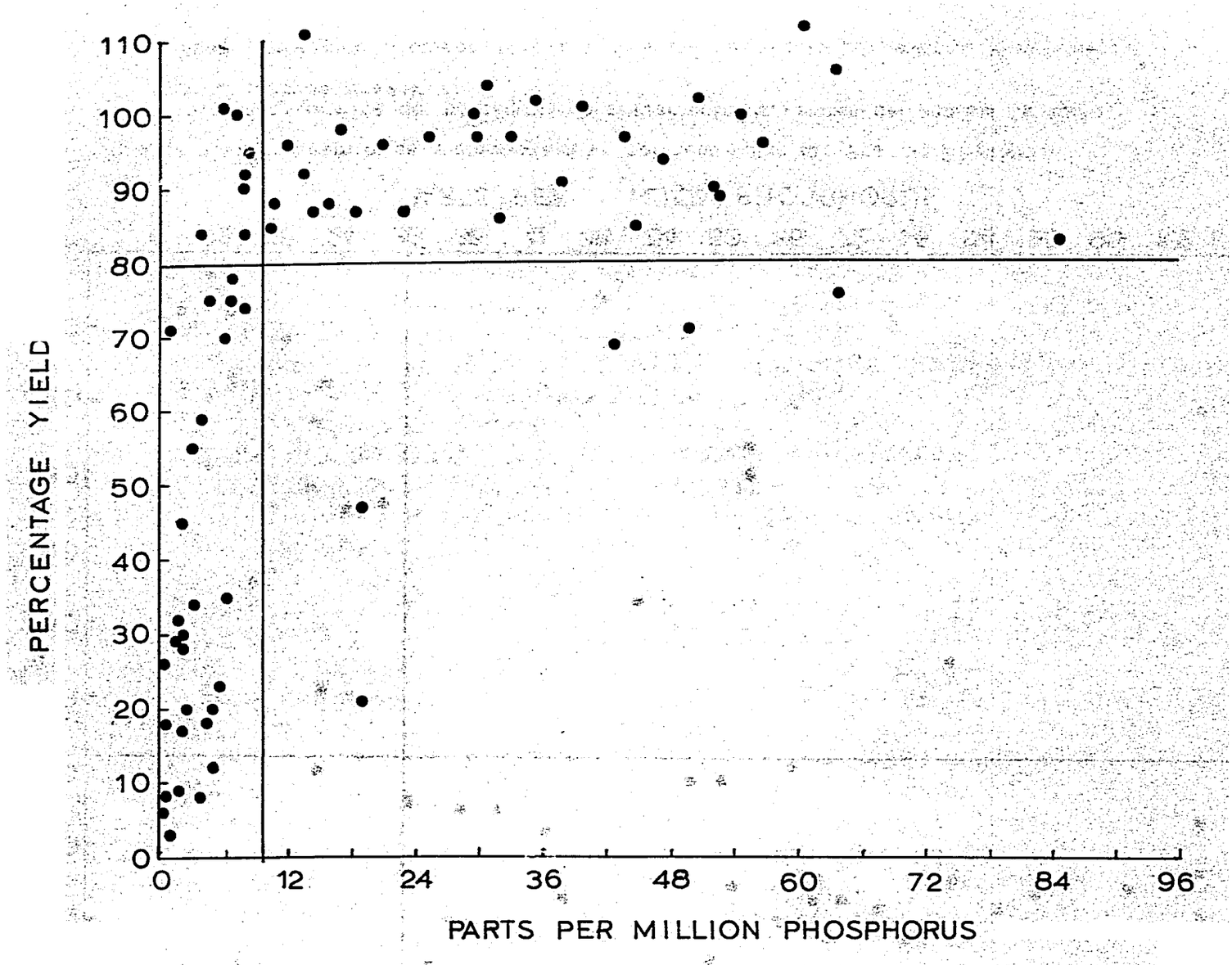

Fig. 5 Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for 0.1 N HCl Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. los valores del análisis de suc por el método HCl 0.1 N.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método HCl 0.1N.

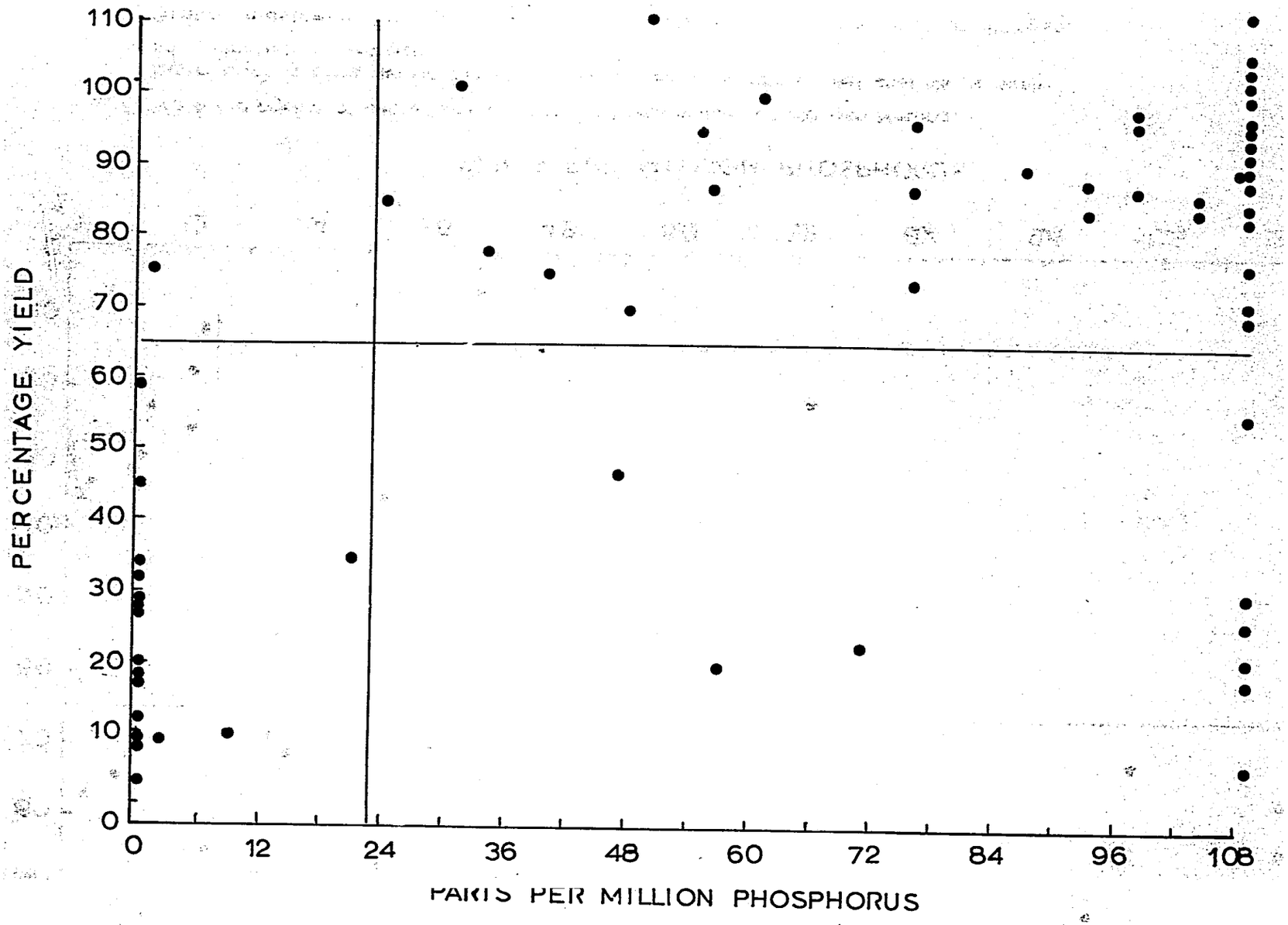

Fig. 6- Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for 0.7N HCl Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. valores del análisis de suel por el método 0.7N HCl.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método HCl 0.7N.

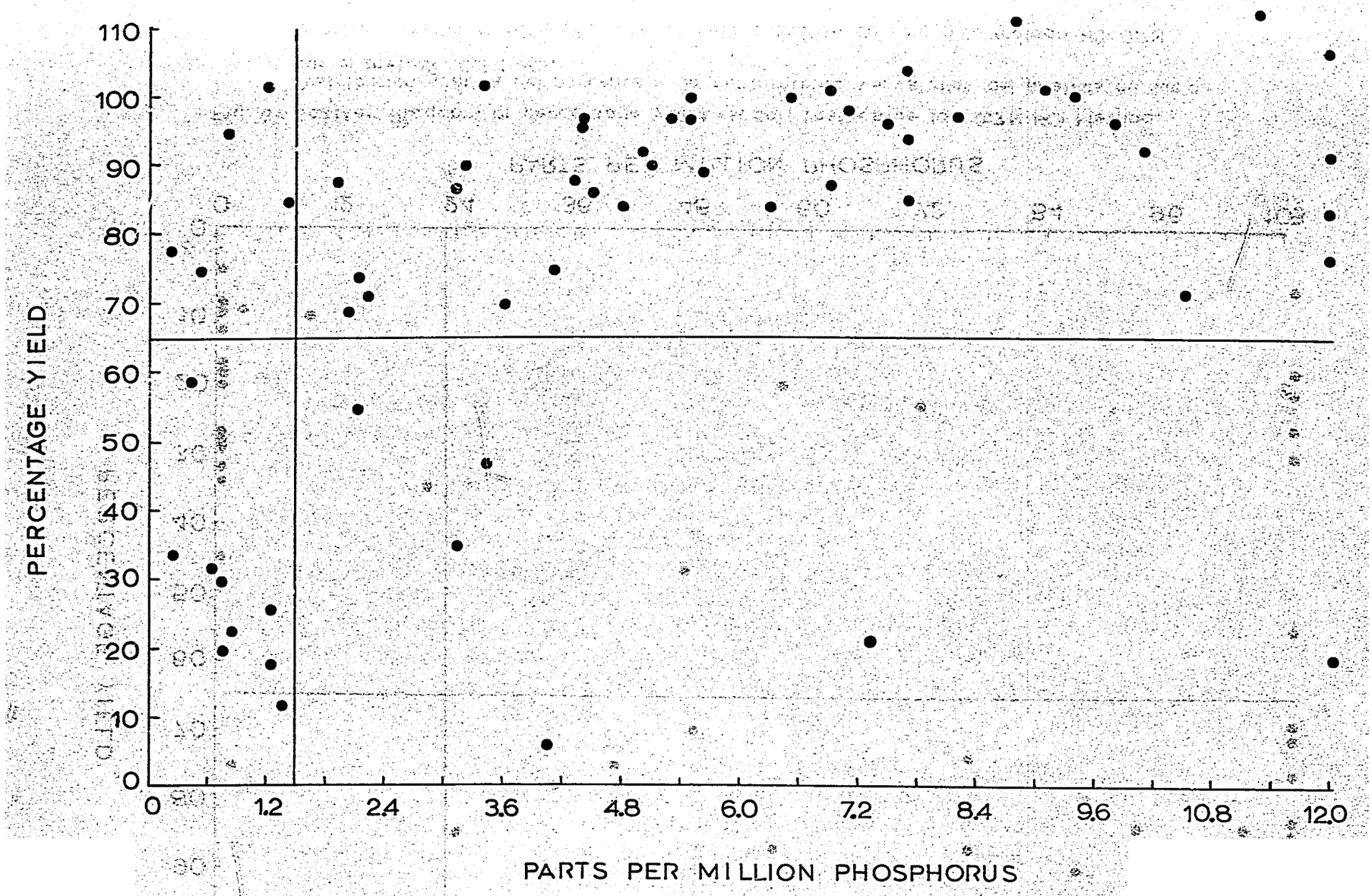

Fig. 7 - Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for Morgan Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. valores del análisis de suelo por el método de Morgan.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método Morgan.

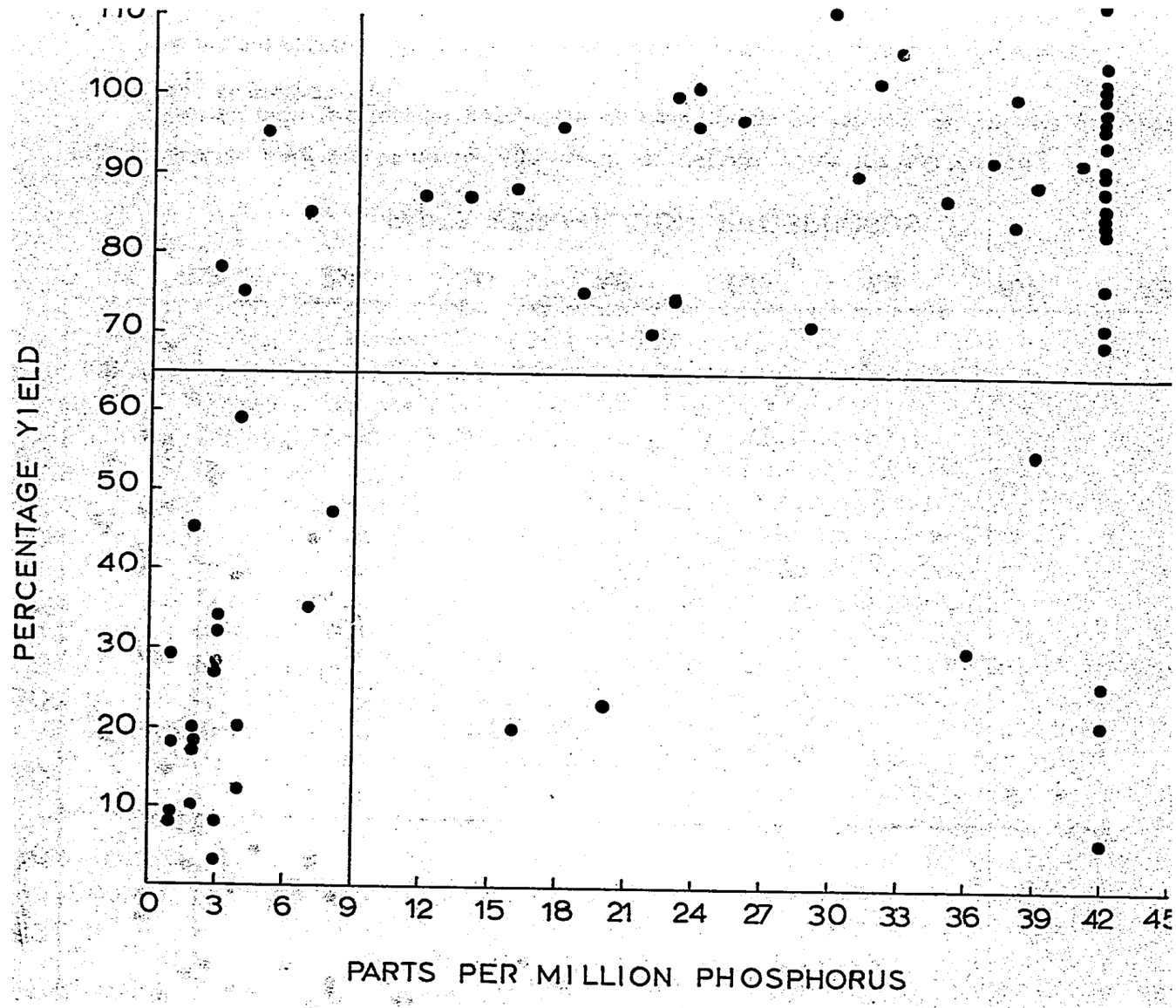

Fig. 8–Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for 0.3N HCl Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. valores del análisis de suelo por el método 0.3N HCl.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método HCl 0.3N.

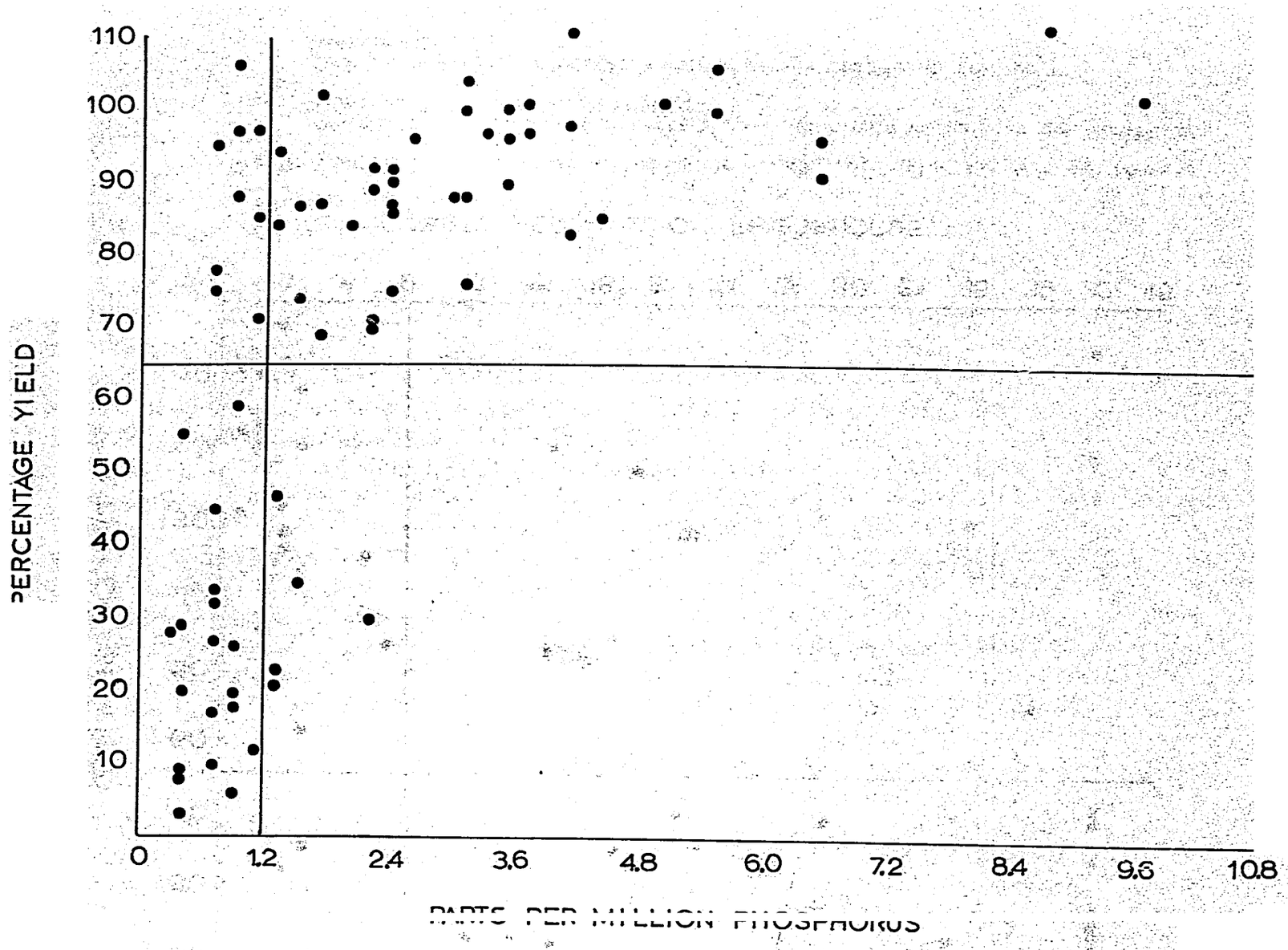

Fig. 9—Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for H_2O Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. valores del análisis de suelo por el método H_2O.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método H_2O.

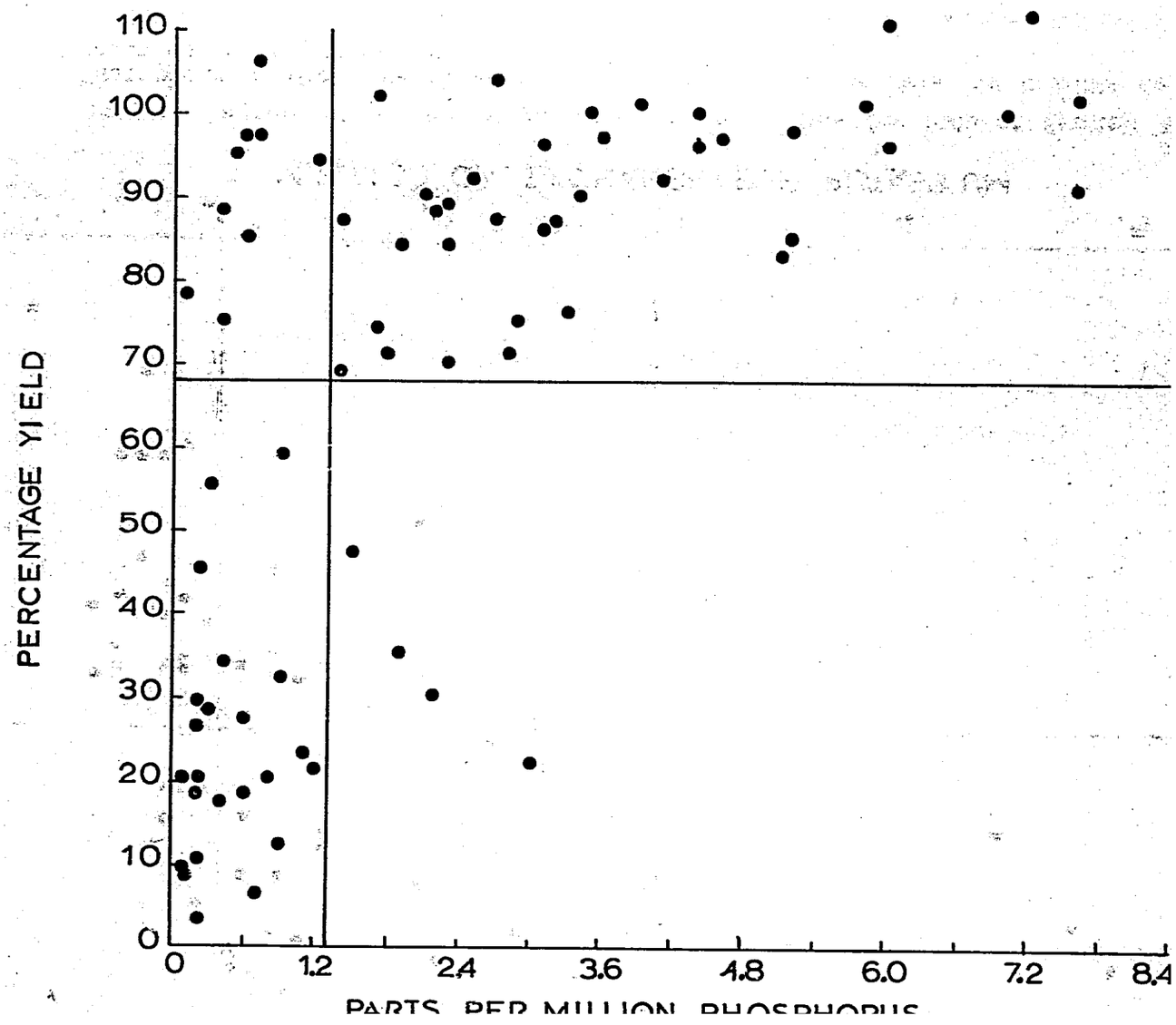

Fig. 10 – Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for CO_2 Method.

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. valores del análisis de suelo por el método CO_2.

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo pelo método CO_2.

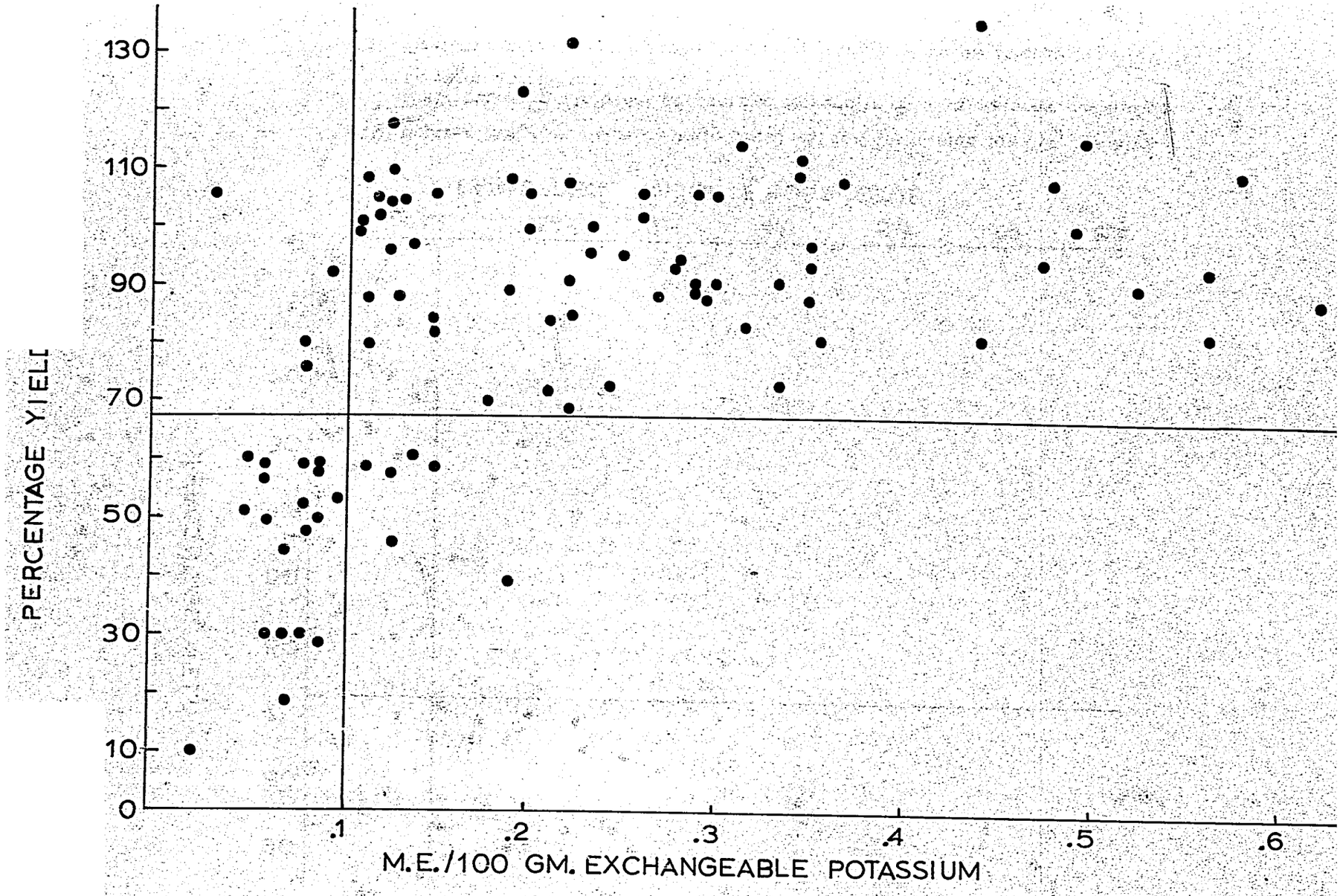

Fig. 11 – Scatter diagram of percentage yield vs. soil test value for data of Freitas, et al. (2).

Distribución gráfica del porcentaje de rendimiento vs. el valor del análisis de suelo segun datos de Freitas, et al. (2).

Gráfico mostrando produção relativa versus análise do solo segundo Freitas, e outros (2).