

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**"EFECTO DE LAS INTERACCIONES DE LOS ELEMENTOS
NITROGENO, FOSFORO, POTASIO Y AZUFRE SOBRE
EL RENDIMIENTO Y EL CONTENIDO DE
PROTEINA EN EL GRANO DE TRIGO"**



SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.
GUATEMALA, AGOSTO DE 1979.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

R
01
T(350)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

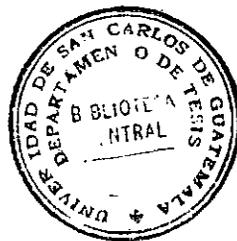
RECTOR
LIC. SAUL OSORIO PAZ

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMIA

<i>Decano:</i>	<i>Doctor Antonio Sandoval Sagastume</i>
<i>Vocal Primero:</i>	<i>Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.</i>
<i>Vocal Tercero:</i>	<i>Ing. Agr. Rudy Villatoro</i>
<i>Vocal Cuarto:</i>	<i>Br. Juan Miguel Iriás</i>
<i>Secretario:</i>	<i>Ing. Agr. Carlos N. Salcedo Z.</i>

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

<i>Decano:</i>	<i>Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.</i>
<i>Examinador:</i>	<i>Ing. Agr. Rolando Aguilera</i>
<i>Examinador:</i>	<i>Ing. Agr. Lauriano Figueroa</i>
<i>Examinador:</i>	<i>Ing. Agr. César Azurdía</i>
<i>Secretario:</i>	<i>Ing. Agr. Leonel Coronado Cabarrús</i>



TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA "EL SALVADOR"

A GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A MIS COMPAÑEROS DE GRUPO "LA MAJADA"

A MIS COMPAÑEROS EN GENERAL

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO

AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a las personas e Instituciones que contribuyeron, de una u otra forma, en la elaboración de este trabajo.

- A mis asesores Dr. Emilio Escamilla e Ingeniero Agrónomo Salvador Castillo, por la dirección técnica y acertadas sugerencias en el desarrollo de este estudio.*
- Al Dr. Edgar Molina y a la Compañía Agrícola ARRAZOLA por su valiosa colaboración.*
- Al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP, en especial a los miembros del Laboratorio de Nitrógeno.*
- Al instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, ICTA.*
- A los compañeros Ing. Guillermo de León e Ing. Jorge Hernández.*
- A todas aquellas personas que durante el desarrollo del trabajo brindaron su apoyo con sugerencias y animación habiendo colaborado en esa forma con la culminación de esta tesis.*

C O N T E N I D O

	Página
I. INTRODUCCION	1
I.a Objetivos	2
I.b Hipótesis	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
II.a El nitrógeno, fósforo, potasio y azufre como nutrientes vegetales	3
II.b Respuesta del trigo a diferentes niveles de fertilización	5
II.c Fertilización foliar	6
II.d La proteína del grano de trigo y los fertilizantes.	6
III. MATERIALES Y METODOS	9
III.a Descripción del área experimental.	9
III.b Método experimental	9
III.c Prácticas culturales	13
III.d Análisis del diseño experimental	13
III.e Parámetros evaluados	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	17
IV.a Proteína	17
IV.b Rendimiento	24
IV.c Componentes del rendimiento	29
IV.d Parámetros evaluados y sus correlaciones	34
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	41
VII. BIBLIOGRAFIA	43

I. INTRODUCCION

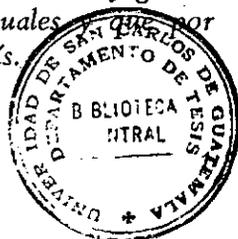
Los cereales constituyen la base de la alimentación para la mayoría de la población humana; de ellos; el trigo es el que ocupa la mayor área cultivada.

Tanto a nivel mundial, como a nivel nacional, el trigo ocupa un importante lugar por considerarse una fuente de alimento de alto consumo y por suministrar calorías y proteínas al ser humano.

En Guatemala, el sistema agrícola se caracteriza por estar distribuido en un amplio rango de tamaños de explotaciones, desde parcelas de unas pocas cuerdas hasta extensiones que cuentan con varias hectáreas de terreno. Asimismo, difieren estas del grado de tecnología empleada en el proceso de producción, dependiendo de los niveles económicos de los productores y sus conocimientos técnicos.

A nivel nacional, el cultivo del trigo tiene influencia sobre aspectos sociales y económicos. La explotación triguera es fuente de trabajo para gran cantidad de mano de obra del altiplano guatemalteco, zona que por su alta densidad de población tiene los más serios problemas de desempleo y migración. En el período 1970-74 se sembraron un total de 36,000 ha. de trigo, las cuales se estiman fueron trabajadas por 52,000 personas (5).

Un segundo aspecto que se puede mencionar es que forma parte importante en la dieta de muchos guatemaltecos, siendo una fuente de proteínas que ayude a mejorar las deficiencias existentes en los alimentos. Por otro lado, la oferta de productos derivados del trigo no ha cumplido con los requisitos de calidad y cantidad requeridos para su consumo, situación que hace necesaria la importación de este grano, ocasionando una fuga de divisas que asciende a 5 millones de quetzales anuales. Este por consiguiente causa impacto en la economía del país.



Actualmente la gran mayoría de explotaciones trigueras de Guatemala se realizan con carácter extensivo. Son muy pocas las empresas trigueras que llevan sus rendimientos unitarios a un nivel técnico adecuado. Esto se refleja en el promedio nacional de rendimiento que en 1973 era de 25.59 qq/Mz., sin haber aumentado considerablemente hasta el momento (5).

La generalización del uso racional de prácticas culturales y la aplicación de nuevas técnicas adaptadas al medio nacional se hacen necesarias para incrementar los bajos rendimientos actuales.

I.a Objetivos

La finalidad de este estudio es poner a prueba una técnica que busca superar los bajos rendimientos actuales y aumentar la calidad alimenticia e industrial de los productos derivados del trigo.

I.b Hipótesis

Las aplicaciones de fertilizante foliar en el período de post-floración del trigo, aumentan el rendimiento de grano y el porcentaje de proteína del mismo.

II. REVISION DE LITERATURA

II.a El nitrógeno, fósforo, potasio y azufre como nutrientes vegetales.

En un amplio sentido de la palabra, entendemos como nutrimentos vegetales, todos aquellos minerales o sustancias que son requeridas por la planta para su crecimiento y formación de sustancias orgánicas. Jacob & Uexkull (8), conforme a esta definición, llaman nutrimentos vegetal a toda aquella sustancia que después de ser asimilada por la planta, fomenta su desarrollo en cualquiera de sus fases de crecimiento, desde la germinación hasta la completa madurez, mejorando por lo consiguiente, el rendimiento de la planta.

El primer elemento mencionado es el nitrógeno; éste es constituyente del plasma funcional y de gran número de compuestos de importancia fisiológica en el metabolismo vegetal, tales como la clorofila, enzimas, proteínas, nucleótidos, alcaloides, hormonas y vitaminas (2,8,11).

Por la serie de funciones en que toma parte este elemento, su deficiencia ejerce un marcado efecto en los rendimientos de la planta. Así, la falta de clorofila derivada de la deficiencia de nitrógeno, causa la inhibición de la capacidad de asimilación y formación de carbohidratos (8).

Buchman & Brady (3) indican que una deficiencia de nitrógeno disminuye el volumen del grano y su porcentaje de proteína.

Varios autores (8,11,15) opinan que así como la deficiencia de nitrógeno causa trastornos en la planta, el sobre abastecimiento del mismo trae efectos contrarios al desarrollo normal de ésta. Ello produce en general plantas más susceptibles a las inclemencias climáticas y a las enfermedades foliares.

Asimismo retrasa la madurez y disminuye la calidad de los productos.

El fósforo, se menciona como un elemento cuyo papel más importante es el de ser un energético del metabolismo de las plantas encargado de la transferencia de la energía en los diferentes procesos. Promueve el crecimiento del sistema radicular teniendo importantes repercusiones sobre el comportamiento del desarrollo general de la planta. Es parte constituyente de enzimas y de otros compuestos. Su deficiencia se observa en toda la planta afectando gran parte del desarrollo de semillas y frutos (8,11). Es sabido que, en la determinación de los rendimientos, el fósforo tiene efectos diferentes a los del nitrógeno; su acción sobre la productividad del grano es más marcada que sobre el peso de los órganos vegetativos (4).

El potasio forma parte importante donde la división celular y los procesos de crecimiento son más activos, su acción es como catalizador. Al igual que los elementos anteriores su poca abundancia produce trastornos en el crecimiento normal de las plantas causando achaparramiento y decoloración (8,11,15).

Diehl, et al (4) opinan que la deficiencia de potasio puede causar baja en el peso específico de los cereales y calidad del grano.

El azufre, se considera que está bastante ligado con el nitrógeno desde el punto de vista fisiológico en la constitución de algunos prótidos (4), Tisdale & Nelson (15), mencionan varias funciones específicas del azufre en el crecimiento y metabolismo de las plantas, indicando que: se requiere para la síntesis de los aminoácidos cistina, cisteína, metionina y para la síntesis de proteína. Además activa ciertas enzimas proteolíticas y es constituyente de ciertas vitaminas y de la coenzima A.

Se puede resumir, diciendo que estos cuatro elementos son

indispensables en procesos específicos del metabolismo vegetal y su carencia ocasiona de una forma u otra un detrimento de la calidad y cantidad del producto.

II.b Respuesta del trigo a diferentes niveles de fertilización

Muchos han sido los experimentos realizados tanto a nivel nacional como internacional para conocer el comportamiento del trigo a aplicaciones de diferentes productos y elementos. Los resultados de estos experimentos difieren unos de otros dependiendo del lugar, condiciones imperantes en el medio y de las variedades utilizadas.

Así Jacob & Uexkull (8), consideran que por cada 100 kgs. de rendimientos a obtener, una aplicación de 1 a 2 kgs. de nitrógeno, 1.5 a 2.5 kgs. de fósforo y 1.5 a 2.5 kgs., de potasio son adecuados utilizar según la variedad.

Ramírez Aldana (14), da dos niveles óptimos económicos para dos regiones de Guatemala. Menciona que para Quetzaltenango se deben aplicar 75 kgs., de nitrógeno y 75 kgs. de fósforo por hectárea; para los suelos de Chimaltenango 140 kgs., por hectárea de nitrógeno y fósforo respectivamente. Ortiz Dardón (12), publicó en 1974 que el mejor nivel de aplicación de nitrógeno fué de 50 kgs., para los suelos de Quetzaltenango.

Asimismo en 1974, López de León (9), informa que con 125 kgs., de nitrógeno por hectárea, 225 kgs., de fósforo por hectárea, 125 kgs., de potasio por hectárea y 15 kgs., de magnesio por hectárea, obtuvo el más alto rendimiento. El mismo autor (9) observó un efecto lineal sobre el rendimiento del grano con aplicaciones de nitrógeno en combinación con dosis bajas de potasio y fósforo. Por el contrario, altas dosis de nitrógeno con altas de potasio y fósforo se produjo una sensible disminución. Además, encontró que el potasio fué el elemento que produjo mayor respuesta en cuanto a rendimiento, crecimiento en altura y

en calidad del grano, también encuentra que el potasio tuvo un efecto lineal sobre los índices de calidad del grano.

Al respecto del potasio, Ramírez Aldana (14), encuentra que no actúa en forma independiente si no en interacción con nitrógeno y fósforo, favoreciendo el rendimiento y el peso de 1000 granos.

II.c Fertilización foliar.

Tal fertilización en cultivo de gramíneas y en especial de trigo, es una práctica muy poco desarrollada; y tanto a nivel nacional como internacional son muy pocos los datos con que se cuenta.

Su importancia estriba en que es una forma rápida y eficaz de proporcionar los elementos en forma segura a la planta, suministrando aquellos micronutrientes que son necesitados en mínimas cantidades por ésta, y completando así, la fertilización al suelo (13, 15).

Tisdale & Nelson (15) afirman que la mayor dificultad estriba en suministrar nitrógeno y potasio y otros elementos en pulverizaciones foliares y en cantidades adecuadas sin que causen quemaduras severas de las hojas y sin necesitar gran volumen de solución o gran número de aplicaciones de rociado.

II.d La proteína del grano de trigo y los fertilizantes.

Bhatia (2) afirma que el mayor problema en los programas de mejoramiento ha sido la combinación de altas producciones de grano con un incremento de la proteína del mismo. Numerosas observaciones indican que la concentración de proteína del grano está correlacionada inversamente con la producción de grano de los cereales (2).

Sinclair & De Wit mencionados por el mismo autor (2), después de trabajar con 24 cultivos diferentes que contenían diferentes niveles de proteína infieren que en cualquier especie los incrementos simultáneos de proteína del grano y la cantidad de grano son incompatibles a causa de las consideraciones energéticas. Para obtener ambos incrementos existe competencia no sólo por carbono aprovechable sino también de la energía derivada de la fotosíntesis.

Es lógico suponer que el adecuado suplemento de elementos que forma parte activa de los procesos metabólicos del vegetal, y aún más, los que entran en el proceso de síntesis de proteína, tengan influencia en la cantidad y calidad que la planta pueda aportar de la misma.

Jacob & Uexkull (8), hacen saber que un adecuado suministro de nitrógeno eleva el contenido de proteína del grano y su valor nutritivo.

En Guatemala, López de León (9), encuentra que una aplicación alta de nitrógeno con bajas de fósforo y potasio producen un efecto disminutivo en el peso específico del grano y el peso de 1000 granos, características consideradas como índices de la calidad y rendimiento del mismo.

Joret & Linser, mencionados por Jacob & Uexkull (8), dicen que un tratamiento nitrogenado tardío, aplicado poco tiempo antes del espigado, ejerce una favorable influencia sobre las características del grano.

A fin de esto, Aykoyd (1) dice: el nitrógeno aplicado al suelo antes de la fase de floración provoca un aumento del rendimiento, en vez de elevar el porcentaje de proteína del grano. Después de dicha etapa, el nitrógeno suministrado entra a formar parte de la proteína en la semilla.

A cerca del potasio, Tisdale & Nelson (15) opinan que posee un marcado efecto sobre la síntesis de proteína. Trabajos recientes han demostrado que en ciertas gramíneas que han crecido con inadecuada cantidad de potasio hay bastante cantidad de nitrógeno en forma de amida y existe una reducción en la conversión de éste a proteína. Sin embargo cuando se suministró una cantidad adecuada de potasio, se produjo un incremento del nitrógeno en forma protéica y su correspondiente disminución en forma de amida.

Estos mismos autores (15) hablan de la importancia del azufre sobre el valor biológico de las proteínas. Muchos estudios al respecto han demostrado que la deficiencia de aminoácidos con contenido de azufre es el factor que limita su valor biológico. Se dice que dentro de ciertos límites, el contenido de aminoácidos que contiene azufre de las plantas pueden ser alterados con la fertilización con azufre.

III. MATERIALES Y METODOS

III.a Descripción del área experimental.

El presente ensayo se efectuó en terrenos de la compañía agrícola "Arrazola, S.A.", situada en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala. Se localiza dentro de las coordenadas geográficas siguientes:

Latitud	15 27' N.
Longitud	90 26' W.

La altura se encuentra entre los rangos de 1600 y 1650 msnm., y la temperatura media anual varía de 18 a 19°C.

El promedio de precipitación media anual durante 7 años (1970-1976) es de 1500 mm. anuales, encontrándose una humedad relativa promedio de 80%.

La zona ecológica es determinada como bosque húmedo montano bajo subtropical. El suelo pertenece al grupo de los suelos de la Altiplanicie Central, correspondiente a la serie Fraijanes, que tienen como características el buen drenaje interno, textura arcillosa, friables y de color café oscuro. La topografía reinante es ligeramente ondulada.

III.b Método experimental

Se utilizó el diseño experimental de "bloques al azar", consistente en 11 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, haciendo esto un total de 44 parcelas que ocupó un área total de 630 mts². Cada parcela tenía las dimensiones de: 2.0 x 5.0 mts. incluyendo 13 surcos de trigo variedad Maya 74, separados 15 cms., entre sí.

En la fig. 1 se detalla el diseño experimental usado en el

campo.

La parcela neta de cosecha se limitó a tomar 3 mts. de largo por 6 surcos internos de frente, lo que dió un total de 2.70 mts.², reduciendo así el error por efecto de borde.

Los tratamientos evaluados en este experimento consisten en la aplicación de elementos nutritivos sin variar el nivel de cada uno de ellos. La diferencia básica entre estos tratamientos consiste en estudiar el efecto del elemento o elementos faltantes.

En el cuadro No. 1 se detallan los tratamientos con cantidades de N-P-K-S en kgs./ha., aplicados en forma foliar.

I	II	III	IV
11	6	10	7
3	8	6	4
7	4	9	3
1	9	5	9
6	2	3	8
10	7	11	10
2	1	4	2
9	5	2	6
4	10	7	5
5	11	1	1
8	3	8	11

Fig. 1. Plano de Campo.

CUADRO No. 1 Diferentes tratamientos evaluados y cantidades ocupadas (kgs/ha.).

TRATAMIENTOS	N	P	K	S
1	60	6	12	6
2	0	6	12	6
3	60	0	12	6
4	60	6	0	6
5	60	6	12	0
6	0	0	12	6
7	60	0	0	6
8	60	6	0	0
9	0	0	0	6
10	60	0	0	0
11	0	0	0	0

Todos los tratamientos llevan adherente, incluyendo el testigo (Tratamiento No. 11) que lleva adherente más agua.

Las fuentes de cada elemento son las siguientes: urea al 46o/o de nitrógeno; tripolifosfato de sodio con 25o/o de fósforo; cloruro de potasio con 52.4o/o de potasio (60o/o de K_2O); sulfato de sodio anhidro con 22.5o/o de azufre.

Las cantidades aplicadas en las parcelas de cualesquiera de los nutrimentos fueron de: 133.33 gr de nitrógeno, 25 gr de fósforo, 22.88 gr. de potasio, 27.27 gr. de azufre. Estas cantidades se repartieron en tres aplicaciones con intervalos de 7 días cada una. La primera aplicación se realizó a los 10 días después de la máxima floración. El volumen total de aplicación para una parcela se dividió en dos, realizando dos asperaciones, una a cada mitad de la parcela. La aplicación se efectuó a una altura de 1 metro sobre el follaje; para lograr ésto fué necesario

reemplazar el tubo original de la bomba por uno más largo y que el extremo final tuviera una curvatura en forma de U invertida. La boquilla utilizada fué una Teejet No. 8001 tipo abanico.

Para obtener una aplicación constante fué necesario incorporarle a la bomba un manómetro, el cual debería marcar una presión sostenida de 40 lbs./pulg.² durante la aplicación, con un mismo tiempo de duración por aplicación por lado. Previo a la aplicación se efectuaron pruebas para determinar el tiempo que diera la descarga correcta en cada parcela; aplicando un total de 250 cc. en un tiempo de 40 seg.

III.c Prácticas culturales.

Las prácticas culturales que se realizaron fueron las tradicionales del lugar. La preparación del terreno consistió en un paso de arado y uno de rastra; y la fertilización se limitó a la aplicación de un fertilizante completo (15-15-15) a razón de 195 kgs./ha., al momento de la siembra y una aplicación de urea 30 días después a razón de 65 kgs./ha.

Se usó el herbicida (U-46D) en post emergencia con dosis de 2.8 lbs./ha. de producto comercial.

III.d Análisis del diseño experimental

De acuerdo al tipo de diseño usado en el ensayo, se realizó la prueba de hipótesis con un análisis de varianza (ANDEVA), auxiliándose con la prueba de "F" a 5 y 10% como niveles de significancia. Para comparar las medias de los tratamientos en el contenido de proteína se utilizó la prueba de "Duncan".

III.e Parámetros evaluados

En este trabajo se evaluaron los siguientes parámetros: la cantidad de proteína contenida en el grano de trigo; dentro de los componentes del rendimiento, el peso de 1000 granos, el número de granos por espiga y por espiguilla, el número de espigas por unidad de área y el rendimiento del grano propiamente dicho.

Los parámetros del rendimiento se determinaron de la siguiente forma: se cosechó la parcela neta (2.70 mts²) y se prosiguió a la trilla la cual se realizó en una trilladora estacionaria propiedad del Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola, el producto así obtenido se pesó y se obtuvo de esta forma la cantidad de grano por parcela, es decir el rendimiento.

Previo a la trilla se cortaron 30 espigas al azar por parcela, las que sirvieron para determinar el número de granos por espiga y el número de granos por espiguilla. Se contaron luego 1000 granos los cuales fueron pesados para determinar este parámetro.

El siguiente parámetro, número de espigas por metro cuadrado, se determinó a partir de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{rendimiento en gr/m}^2}{\text{Peso en gr. de las semillas de 30 espigas}}$$

Para determinar el porcentaje de proteína del grano de trigo se tuvo la colaboración del Laboratorio de Química Agrícola del Instituto de Nutrición para Centro América y Panamá (INCAP). El método utilizado fue el de Semimicro-Kjeldahl, en el que se utilizó sulfato de sodio y ácido selenioso con una digestión de 45 minutos.

El experimento se montó dentro de una plantación comercial, de la cual se tomó el área más homogénea para delimitar las parcelas. La plantación no presentaba todas las buenas características de un cultivo bien tratado, podía observarse una mala preparación de las plantas para un buen rendimiento, (espigas bastante pequeñas). El deficiente estado del cultivo se le atribuyó a inadecuadas prácticas agronómicas, al mal estado de nutrición, durante el período de crecimiento vegetativo y posiblemente al uso de una variedad no adaptada a la zona.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

IV. a Proteína

Después de realizar todos los análisis de varianza para cada uno de los parámetros evaluados, los resultados indican que el efecto fué significativo sólo en el caso de porcentaje de proteína en el grano de trigo. Esto indica que los diferentes tratamientos tuvieron efectos distintos sobre el contenido de proteína en el grano. Tal resultado aparece en el cuadro No. 2, en el cual se observa también que los resultados muestran significancia al 10/o.

Luego de realizar el análisis de varianza, se prosiguió a la comparación de medias del porcentaje de proteína en el grano usando para esto la prueba de Duncan. Dicha prueba agrupa los tratamientos que fueron estadísticamente iguales e indica cuales mostraron diferencias significativa. Ver Cuadro No. 3.

CUADRO No. 2 Análisis de varianza del efecto producido por los diferentes tratamientos sobre el porcentaje de proteína en el grano de trigo.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumatoria de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _t
Total	43	73.50	0.89		
Repeticiones	3	2.66	0.89	1.17	4.51
Tratamientos	10	48.18	4.82	6.34(**)	2.89
Error	30	22.66	0.76		
C.V. = 6.73					

(**) Altamente significativo.

Estos dos análisis arrojan resultados generales del comportamiento que tuvo el contenido de proteína según los tratamientos aplicados; esto vuelve necesario realizar análisis más concretos del efecto de los elementos en forma individual y en forma combinada.

El nitrógeno y el fósforo fueron los dos elementos que mayores aumentos causaron en forma individual en la proteína. Es lógico pensar esto ya que el nitrógeno es el mayor constituyente de las proteínas; lo cual fué descrito por Aychroy (1), al afirmar que el suministro de nitrógeno después de la floración inducía a mayor formación de proteína en el grano. Este y otros autores encontraron que el porcentaje de proteína aumenta respectivamente con el aumento de las cantidad de nitrógeno.

El incremento que causa el fósforo en la proteína es menor que el obtenido por el nitrógeno; este aumento es debido a que el fósforo aporta la energía necesaria para la síntesis de proteína. Esto demuestra que entre el nitrógeno y el fósforo, el primero tiene mayor importancia en la cantidad de proteína formada y es ocupado en la síntesis de éstas en mayores cantidades; no por esto se descarta la importancia del segundo elemento, ya que éste es utilizado en menores cantidades pero su deficiencia podría reducir la eficiencia en los procesos de síntesis de proteína. Este último efecto puede ser la causa de lo observado en este experimento.

Analizando la combinación de estos dos elementos (nitrógeno y fósforo), se encuentra que existe una interacción positiva que produce aumento en la proteína; este aumento resulta ser mayor al causado por los elementos mismos en forma individual. Este resultado induce a pensar que las funciones que cumplen dichos elementos en este caso se complementan; la del nitrógeno, produciendo compuestos de las proteínas y, la del fósforo, aportando la energía para la síntesis de los compuestos proteínicos.

CUADRO No. 3 Comparación de medias del porcentaje de proteína en el grano de trigo utilizando la Prueba de Duncan.

Tratamiento	1	3	8	5	7	4	2	10	9	6	11
\bar{X}	17.56	16.17	16.17	15.88	15.77	15.59	15.56	15.25	14.59	14.28	13.45

\bar{X} o/o medio de proteína para cada tratamiento.

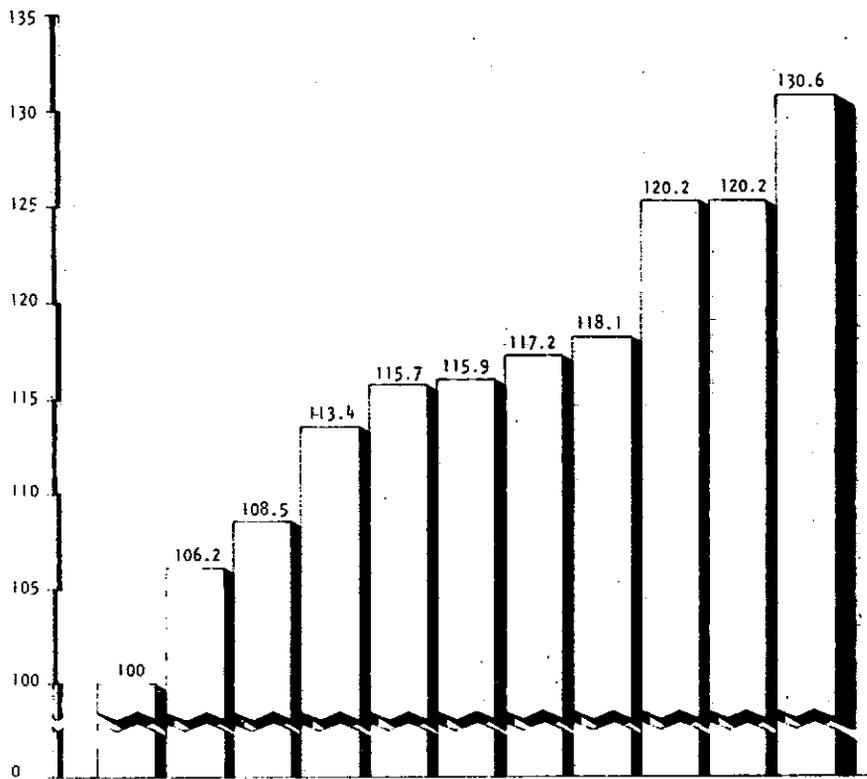
El potasio y el azufre aplicados por separado causaron un leve aumento en el contenido de proteína del grano; este aumento fué bastante menor que los causados por el nitrógeno y el fósforo. Esto demuestra que dichos elementos forman parte de los procesos de síntesis de proteínas aunque en menores cantidades. Diehl y Mateo (4) mencionan como función principal del potasio la transformación del nitrógeno mineral en nitrógeno protéico. Es de esperarse por lo consiguiente que la deficiencia de potasio produzca una reducción en el nitrógeno protéico cuyo resultado fuera una baja en la cantidad de proteína. De esta manera, la adición de potasio puede incidir en un aumento de la proteína.

Por la función anterior del potasio, es interesante analizar la relación entre dicho elemento y el nitrógeno; los resultados del experimento indican que las combinaciones de ellos causaron mayor porcentaje de proteína que los tratamientos que llevaron sólo uno de dichos elementos. Además de esto, el cuadro No. 4 nos muestra que la combinación de los dos elementos dió la mayor cantidad de proteína que cualquiera de las otras combinaciones. Este efecto sinérgico causado por la combinación de nitrógeno y potasio puede ser efecto de la razón dada por Diehl y Mateo (4).

CUADRO No. 4. INTERACCIONES DE LOS ELEMENTOS APLICADOS Y SU EFECTO SOBRE EL PORCENTAJE DE PROTEINA EN EL GRANO DE TRIGO.

N_oP_o	14.11	N_oK_o	14.02	N_oS_o	13.45	P_oK_o	14.77	P_oS_o	14.35	K_oS_o	14.96
N_oP_1	15.56	N_oK_1	14.92	N_oS_1	14.81	P_oK_1	15.23	P_oS_1	15.20	K_oS_1	15.32
N_1P_o	15.73	N_1K_o	15.70	N_1S_o	15.77	P_1K_o	15.88	P_1S_o	16.03	K_1S_o	15.88
N_1P_1	16.30	N_1K_1	16.54	N_1S_1	16.27	P_1K_1	16.33	P_1S_1	16.24	K_1S_1	15.89





N	0	0	0	60	0	60	60	60	60	60	60
P	0	0	0	0	6	6	0	6	6	0	6
K	0	12	0	0	12	0	0	12	0	12	12
S	0	6	6	0	6	6	6	0	0	6	6

Fig. No. 2 GRÁFICA QUE MUESTRA EL INCREMENTO RELATIVO EN EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA OBTENIDO CON LA COMBINACIÓN DE LOS ELEMENTOS.

Como se mencionó anteriormente, el azufre también causa un leve aumento en el porcentaje de proteína. Este elemento es constituyente de muchas proteínas consideradas de alto valor alimenticio. El azufre es más importante en la calidad que en la cantidad de proteínas.

El cuadro No. 4 claramente manifiesta que los elementos nitrógeno y azufre tienen importancia en el porcentaje de proteína del grano; cuando los dos elementos faltaron se mostró el menor porcentaje de proteína acumulada en el grano.

Se analizó el efecto causado por la falta de cada elemento, encontrándose que en la mayoría de los casos el contenido de proteína disminuyó.

Estos resultados muestran que todos los elementos contribuyeron a elevar el contenido de proteína, siendo asimismo de vital importancia la época de aplicación. En el presente trabajo los elementos fueron suministrados a la planta cuando esta se encontraba en el proceso de formación de grano y no en la formación de partes vegetativas ya que la planta en este momento había cesado el período de crecimiento.

La diferencia de los aumentos causados por cada uno de los elementos se debe principalmente al papel que cada uno juega dentro del proceso de síntesis de las proteínas. El nitrógeno y el azufre, son constituyentes de las proteínas. El fósforo y el potasio son más importantes en el proceso de formación propiamente dicho.

El porcentaje de proteína puede haber sido afectado por algunos factores externos; Tisdale & Nelson (15), opinan que el contenido de proteína del grano a menudo está influenciado por el grado de humedad aprovechable del suelo y que los más altos porcentajes de proteína están generalmente asociados a los niveles más bajos de humedad del terreno. Vale la pena mencionar que

entre las fechas de aplicación hubieron ligeras lluvias en la zona donde se encontraba el experimento, pudiendo afectar en cierto grado el porcentaje de proteína.

Otros autores opinan lo mismo refiriéndose a que la cantidad de proteína está influenciada por varios factores; entre ellos, la temperatura, pluviosidad, métodos y épocas de cultivo y naturaleza de los suelos (1,7). Hulse (7) opina que para determinar la verdadera capacidad genética de producción de proteína de una variedad dada de trigo, es necesario cultivarla durante varias estaciones en una misma zona y con las mismas prácticas de cultivo.

Otra razón por la que puede variar el contenido de proteína en el grano de trigo según el mismo autor (7), es por la aplicación de ciertos herbicidas. Dice que hay evidencia de que ciertos herbicidas elevan el contenido de proteína pero que no tiene efecto alguno sobre la composición de los aminoácidos esenciales.

IV. b Rendimiento

Este parámetro está dado por el peso de producto por unidad de área cosechada, reportándose en el trabajo de tesis las cifras expresadas en kgs./ha. Para determinar si hubo significancia entre los tratamientos se efectuó el análisis de varianza. El Cuadro 5 muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos. Tal como en el caso de la proteína, también podemos determinar para el rendimiento, el comportamiento y efecto de los elementos aplicados y sus diferentes combinaciones.

CUADRO No. 5 Análisis de varianza del efecto producido por los diferentes tratamientos sobre el rendimiento de trigo.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Sumatoria de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _t
Total	43	6330.5			
Tratamientos	10	1219.97	121.99	0.76	2.98
Repeticiones	3	298.57	99.52	0.62	4.51
Error	30	4811.96	160.40		

C.V. = 10.0

Evaluando el efecto que causó cada uno de los elementos en forma individual sobre el rendimiento, resulta que el fósforo aplicado lo elevó pero sin llegar a ser estadísticamente significativo. Este efecto también se observa en el número de granos por espiga y el número de granos por espiguilla, que son dos componentes del rendimiento. Este mismo fenómeno se observa en el número de espigas por metro cuadrado, pero en este caso no se le atribuye al fósforo aplicado sino que se considera como característica del lugar que ocupó este tratamiento ya que la primera aplicación se efectuó 10 días después de la completa floración, época para la cual ya está determinado este parámetro.

El fósforo además de ser constituyente de muchos compuestos tiene como función principal transportar y donar la energía para la gran mayoría de procesos metabólicos en la planta. Un adecuado nivel de éste elemento en la época de floración y formación de semillas seguramente inducirá a procesos

más eficientes en la síntesis de compuestos que entran en la constitución del grano. Al existir gran cantidad de estos compuestos se cubre la demanda que la planta tiene para la formación de granos.

El nitrógeno, potasio y azufre causaron aumento en el rendimiento de grano, pero este fué menor que el causado por el fósforo. El potasio no causa aumento en ninguno de los componentes del rendimiento; por el contrario, se observa asociado a su aplicación una reducción de ellos; esto hace pensar que el aumento del rendimiento en este caso fué reflejo de un aumento en el número de espigas por metro cuadrado; como ya se mencionó este parámetro es de suponerse, no fué influenciado por las aspersiones.

Analizando las combinaciones de los elementos y su efecto sobre el rendimiento se observa que los mayores aumentos se obtuvieron cuando se aplicaron nitrógeno con fósforo y, fósforo con potasio.

Este efecto posiblemente es debido a que estos elementos suplieron las necesidades de la planta cuando ésta se encontraba en el período de mayores demandas de nutrimentos para la formación de granos reduciendo en esta forma la aborción de florecillas (flósculos).

La combinación de potasio-azufre demuestra ser antagónica para el rendimiento, ya que este fué mayor cuando estos elementos se aplicaron por separado.

En el caso del nitrógeno se detectó que es antagónico con el potasio, este efecto se observa en el rendimiento y en el peso de 1000 granos. López de León (9), trabajando con varios niveles de estos elementos encuentra que actúan interrelacionadamente y que dosis altas de nitrógeno y bajas de potasio tiene un efecto reductor en el peso de 1000 granos. En este ensayo además de

observarse en este componente del rendimiento se detecta en el número de granos por espiga. Esta situación influye negativamente, como es de esperarse, en el rendimiento.

En el caso del fósforo se encuentra una situación semejante entre este elemento y el azufre. La combinación de los dos elementos limita el rendimiento.

Cuando el potasio faltó en las aplicaciones se notó un sensible descenso en el rendimiento. Tisdell & Nelson (15), mencionan como función primordial de este elemento la transferencia de los productos derivados de la fotosíntesis a los demás órganos de la planta. Si el potasio se haya en niveles bajos, la formación de granos es lógicamente menor, reduciendo por lo consiguiente el rendimiento.

En el caso del azufre, se observó que en combinación con el nitrógeno eleva, en forma leve, el rendimiento. Se ha notado que este elemento tiene mayor influencia en el contenido de proteína que en el rendimiento de grano. En el primer caso, por ser un constituyente de ellas; en el caso del rendimiento de grano, porque es ocupado en menores cantidades.

Es de hacer notar que el tratamiento testigo superó en rendimiento a algunos de los otros tratamientos por lo que los resultados obtenidos en este estudio deben ser tomados con precaución, ya que otros autores han encontrado aumentos substanciales con aplicación de nutrientes foliares post-floración.

Vale la pena aclarar que el objetivo de las aplicaciones foliares de N, P, K y S no es en ningún momento el de corregir las deficiencias que existen en el suelo, sino que es el de inducir una mayor producción de grano y aumentar el porcentaje de proteína en los mismos, de lo que se conseguiría con la aplicación de los nutrimentos únicamente al suelo.

El período de diferenciación ocurre después del macollamiento y antes del espigamiento. En este período se determina el potencial de la mayoría de los componentes del rendimiento, entre ellos el número de espiguillas por espiga y el número de florecillas por espiguilla. En el período de post-floración, los otros factores del rendimiento son expresados; de ellos, el número de granos por espiga está correlacionado directamente con el número de semillas por espiguilla a un determinado número de espiguillas por espiga.

Las aplicaciones de nutrimentos por vía foliar en la época de post-floración, tienen como objetivo el inducir la formación de los granos al proporcionarle a las semillas incipientes una cantidad suficiente de nutrimentos durante las primeras etapas del desarrollo de los mismos.

En esta forma se sobrepone la característica de la planta de trigo, de transportar los nutrimentos primeramente a los granos basales de la espiga.

Las glumas tienen especial importancia debido a que se comportan como nuevos canales de alimentación, al tener capacidad de absorción de nutrimentos asperjados, y de convertirlos por fotosíntesis a compuestos aprovechables por los granos en formación. Esta característica es de primordial interés a nivel de granos por espiguilla.

Es de hacer notar que si las plantas de trigo durante su desarrollo vegetativo sufrieron de carencia de nutrimentos, la acumulación de sustancias nutritivas, que posteriormente serían ocupadas en la formación de grano, no se puede realizar en buena forma, por lo que los efectos de una subsiguiente aplicación de nutrimentos post-floración, no beneficiaría un incremento en los rendimientos, ya que la planta carecería de un estímulo inicial de producción que demandara mayores cantidades de elementos nutritivos.

En este estudio se comprueba lo expuesto por Escamilla (5), quien dice: "para mayores incrementos en los rendimientos debido a la aplicación de foliares, las plantas deberán crecer en las mejores condiciones posibles; esto dará como resultado la creación de un mayor potencial de rendimiento y, por consiguiente existirá una mayor demanda de nutrimentos y de asimilados (nutrimentos que han sido transformados por los procesos químicos propios del vegetal).

IV.c Componentes del rendimiento.

En un aspecto general se detecta que el peso de 1000 granos mostró un comportamiento contrario a todos los otros parámetros considerados dentro de los componentes del rendimiento. Por ejemplo el nitrógeno y fósforo causaron reducción en el peso de los granos; sin embargo, aumentaron el número de granos por espiga y por espiguilla. Es posible que esta situación se deba a la compensación de la energía entre los dos procesos. Es decir, que los procesos que forman compuestos para el grano se vieron en detrimento de energía por ser ocupada ésta en el proceso de formación de grano. Como es conocido, estos procesos metabólicos necesitan de cierta cantidad de energía para llevarse a cabo; en este caso, el proceso o procesos que sintetizan compuestos que forman parte del grano y que elevan por lo consiguiente el peso de éstos, se vieron en detrimento de la energía necesaria, por ser ocupada ésta en procesos que se ocupan únicamente de la formación de grano.

Otra razón que pudo causar este comportamiento entre el peso de los 1000 granos y el número de granos por espiga y por espiguilla (ver Cuadro 6) fué posiblemente una deficiencia nutricional que tuvo el cultivo en los períodos en que acumulaba substancias de reserva, causando limitación en la cantidad de nutrimentos almacenados. Esta deficiencia puede afectar el potencial productivo del cultivo, en este caso, como ya se mencionó antes, la fertilización foliar no habrá tenido efecto

CUADRO No. 6 Tratamiento y su respuesta en cada uno de los parámetros evaluados.

N	Tratamientos			Rendimiento Kg./ha.	Peso de 1000 granos (grs)	No. semillas por espiga	No. semillas /espiguilla	No. espigas por mt ² .	No. espigui- llas por es- ga.	Proteí- na (o/o)
	P	K	S							
60	6	12	6	2166.45	33.75	28.99	2.40	178.07	12.08	17.56
0	0	12	6	1920.75	34.70	30.66	2.53	173.95	12.12	15.56
60	0	12	6	1797.25	35.28	32.14	2.59	170.43	12.41	16.17
60	6	0	6	2088.45	35.35	28.99	2.40	174.95	12.08	15.59
60	6	12	0	2243.8	35.20	28.48	2.40	173.61	11.87	15.88
0	0	12	6	2064.40	36.35	28.97	2.32	170.78	12.49	14.28
60	0	0	6	2120.30	35.70	30.88	2.31	173.37	13.37	15.77
60	6	0	0	2115.10	33.45	36.88	2.79	173.19	13.22	16.17
0	0	0	6	1859.65	36.68	30.03	2.27	171.62	13.23	14.59
60	0	0	0	1517.75	35.80	27.06	2.28	167.47	11.87	15.25
0	0	0	0	2025.4	35.95	28.98	2.45	168.10	11.83	13.45

alguno y, la planta como condición intrínseca de la especie, produjo más granos en detrimento del peso de los mismos. Esta deficiencia nutricional que se pudo observar en este estudio puede ser debida a condiciones fisiológicas de esta variedad en interrelación con el medio ambiente donde fué sembrada.

El azufre fué el único elemento que no redujo el peso de los granos pero sí actuó disminuyendo el número de granos por espiga, es el mismo caso de la compensación de la energía pero favoreciendo a otro parámetro. Puede ser que el azufre tenga más importancia en los procesos de formación de compuestos que elevan el peso de los granos.

Analizando las diferentes combinaciones de los elementos y el efecto sobre el peso de los 1000 granos, en general se dice que el nitrógeno, fósforo y potasio reducen el peso, pero cuando éstos elementos se combinaron con el azufre no existió tal reducción o fué menos severa. Este es otra situación que afirma lo dicho anteriormente, el azufre tiene más importancia en el peso de los granos que en el número de éstos.

El resumen, el comportamiento del peso de 1000 granos con la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio conduce a suponer que por la situación crítica de demanda de nutrimentos en la edad en que se encontraba la planta, la distribución de éstos fué dispareja ocupando grandes cantidades para la formación de granos aún la que debía ser para la formación de compuestos en el grano. Este mismo efecto fué percibido entre el peso de los granos y el contenido de proteína en los mismos; este último se elevó con una consecuente reducción del peso de 1000 granos. Esto es parte de la teoría expuesta anteriormente; los resultados observados demuestran que sí se logró un incremento en el No. de granos por espiga, aún cuando, la planta no haya tenido suficientes reservas para suplir este aumento en la demanda.

El número de semillas por espiga y por espiguilla (ver

Cuadro 6) están bastante relacionados y su comportamiento ha sido similar. Se observó un aumento en ellos pero no resultó ser estadísticamente significativo. El análisis del efecto individual de cada uno de los parámetros muestra cierta diferencia con el rendimiento, el número de granos por espiga es ligeramente reducido por la aplicación de potasio y azufre pero el rendimiento es ligeramente aumentado. Este último efecto es posiblemente una respuesta al número de espigas por metro cuadrado, ya que muestran una variación igual en los distintos tratamientos indicando que entre los dos hay una estrecha relación. El comportamiento que el número de granos por espiga mostró a la aplicación de potasio y azufre parece ser no representativo debido a las diferencias de comportamiento detectadas entre los componentes del rendimiento y el rendimiento; esto podría deberse a que el número de 30 espigas que fueron utilizados para determinar dichos componentes no fué realmente representativo.

En las combinaciones de los elementos, como era de esperarse, el número de granos por espiga y por espiguilla trabajan estrechamente mostrando las mismas variaciones en la mayoría de los casos. Estas variaciones se limitan a aumento en el número de granos no mostrando ninguna interrelación negativa acentuada. En forma leve, la asociación de potasio y azufre disminuye el número de granos.

Al realizar el análisis de varianza para el número de espigas por metro cuadrado, indica que existe una diferencia entre repeticiones, aspecto que puede haberse debido a la falta de homogeneidad del terreno sembrado, aún cuando el experimento se demarcó dentro de una plantación comercial. Estos resultados pueden observarse en los Cuadros No. 6 y 7.

El número de espigas a pesar de mostrar cierta tendencia a aumentar con las aplicaciones, aunque no estadísticamente, se cree que no fué afectado por los tratamientos, considerando que

para la época de las aspersiones estaba ya definido. Este parámetro responde a factores como la densidad de siembra y la capacidad de hijeo de la variedad. A pesar de esto, como ya se mencionó, se observa cierta tendencia a aumentar con las aspersiones foliares, esto puede ser causa de la desuniformidad en que se encontraba la plantación y por otro lado vale la pena recordar que este parámetro se determinó a base de una fórmula en que tomó parte el peso de los granos obtenidos de 30 espigas y este número parece no ser representativo de toda el área cosechada.

CUADRO No. 7. Análisis de varianza del efecto producido por los diferentes tratamientos sobre el número de espigas por metro cuadrado.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumatoria de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _t
Total	43	4881.03			
Repeticiones	3	2568.06	856.02	13.26 ^(**)	4.51
Tratamientos	10	375.52	37.55	0.58	2.98
Error	30	1937.45	64.58		

C.V. = 1.69

(**) Altamente significativo

El número de espiguillas por espiga no se ve afectado por las aplicaciones de los elementos. El análisis de varianza no muestra ninguna significancia, asimismo otros análisis que se efectuaron como la comparación de las diferentes interacciones y efecto del elemento faltante. Esto se debe a que el número de espiguillas por espiga se determina en el período de prefloración, época anterior a la que se realizaron las aplicaciones.

Entre el rendimiento y sus componentes no se encuentra una relación estrecha en los casos de análisis efectuados y esta relación varía de un componente a otro; esta situación se atribuye a que 30 espigas no resultaron ser significativas para determinar los componentes, es decir, que no dieron una imagen correcta del efecto causado por los diferentes tratamientos.

IV.d Parámetros evaluados y sus correlaciones.

Todos los parámetros evaluados en este ensayo, tanto los componentes del rendimiento como el contenido de proteína, son el resultado de procesos específicos dentro de la planta e involucrados todos en el metabolismo del vegetal. Es de esperarse por lo tanto, que el comportamiento de uno de ellos afecte el de otro y viceversa. Con el fin de observar el comportamiento relacionado entre cada dos parámetros, se determinaron los índices de correlación entre ellos. El Cuadro No. 8 muestra los índices de correlación. En este cuadro se observa claramente que el rendimiento varió directamente con sus componentes, pero mostrando índices bajos, éstos son imagen de la falta de relación que existió entre ellos, que posiblemente se deba a una falta de precisión en la evaluación de los mismos; sin embargo, la correlación entre rendimiento y número de espigas/m² es bastante alta.

CUADRO No. 8 Índices de correlación entre los distintos parámetros evaluados.

	Peso 1000 granos	No. espiguillas/Esp.	No. de espigas/mt ² .	No. de granos por espiguilla	Proteína
<i>Rendimiento</i>	-0.36	0.12	0.67	0.18	0.23
<i>Peso de 1000 granos</i>		0.03	-0.61	-0.71	-0.77
<i>Número de espiguillas/espiga.</i>			0.12	0.12	0.05
<i>Número de espigas por metro cuadrado</i>				0.14	0.74
<i>Número de granos por espiguilla</i>					0.30

El peso de 1000 granos varió en forma inversa al rendimiento; esto demuestra que su comportamiento fué negativo en relación a los componentes del rendimiento.

La proteína tuvo una ligera correlación positiva con el rendimiento (0.23); ésta es importante para los fines del experimento ya que demuestra que es posible aumentar el contenido de proteína de los granos sin que sufra disminución del rendimiento.

Muchos investigadores han hecho énfasis en el problema que existe al querer aumentar el porcentaje de proteína del grano, sin que sufra un detrimento el rendimiento. Esto es debido básicamente a la demanda de energía que existe entre los dos procesos, resultando necesariamente una compensación de ésta que redundará en el detrimento del rendimiento cuando se logra un aumento en la proteína o viceversa.

En este experimento y en otros anteriores se ha comprobado que la aplicación de nutrientes al follaje post-floración, logra aumentar el porcentaje de proteína en el grano sin detrimento en la producción de éste y en algunos casos se ha observado un ligero aumento en el rendimiento.

El peso de 1000 granos también mostró una relación negativa con los otros componentes del rendimiento, excepto con el número de espiguillas por espiga, en que no se observó correlación. El índice de correlación negativo más alto que mostró el peso de 1000 granos, fué con el porcentaje de proteína (-0.77), este es un claro indicador del comportamiento opuesto que tuvieron ambos parámetros; una causa de esto puede ser la compensación de energía.

Estos comportamientos contrarios también pueden ser causa de la deficiencia nutricional que sufrió la planta durante su crecimiento vegetativo afectando adversamente la acumulación de

nutrientes; esto dió como resultado un reducido potencial productivo que no favoreció todos los componentes del rendimiento.

El cuadro No. 6, donde se encuentran detallados los tratamientos y el efecto en cada uno de los parámetros, se puede observar que las aplicaciones que contenían nitrógeno dieron un alto grado de proteína y sin embargo el peso de 1000 granos se reduce; esta es una de las razones por la cual poseen estos parámetros un alto grado negativo en su correlación.

V. CONCLUSIONES

1. *Las aplicaciones foliares después de la floración tienen un efecto significativo en el aumento de la proteína en el grano de trigo.*
2. *El nitrógeno es el elemento que más influencia tuvo sobre el porcentaje de proteína en el grano. De manera general todos los elementos aplicados causaron un aumento en la proteína del grano, siendo éste aumento menor con potasio y azufre.*
3. *No se encontraron interacciones que redujeran o causaran un efecto adverso en el contenido de proteína.*
4. *El mayor aumento de proteína se obtuvo al aplicar el fertilizante foliar completo N, P, K y S; cuando uno o varios de estos elementos faltaron en la aplicación foliar los aumentos fueron menores aunque sí significativos.*
5. *En el presente estudio, las aplicaciones foliares post-floración proporcionaron leves efectos positivos en el rendimiento y sus componentes, no llegando a ser estadísticamente significativos.*
6. *Las aplicaciones foliares aceleran el secado de la planta de trigo. Se observó que las parcelas rociadas con elementos nutritivos llegaron más temprano al secamiento (final de su ciclo biológico) que las parcelas no tratadas. Este efecto es causado por las quemaduras de las aplicaciones sobre el follaje.*
7. *El fósforo fué el elemento que mostró la mayor influencia en el rendimiento, aumentando el número de granos por espiga en forma sobresaliente a los demás elementos.*

8. *Los elementos aplicados (N,P,K y S) causaron comportamientos irregulares en el rendimiento y sus componentes; se observan relaciones antagónicas y sinérgicas entre tales elementos.*

VI. RECOMENDACIONES

1. *Para futuros ensayos de esta índole, es necesario determinar dosis y volúmenes de aplicación que no causen el secado prematuro de las áreas verdes, de esta manera se lograría una mayor absorción de los elementos por la planta y posiblemente mayores aumentos tanto en el porcentaje de proteína como en el rendimiento.*
2. *Es necesario tomar un número de espigas más representativo para determinar los componentes del rendimiento.*
3. *Por los factores externos que afectan el contenido de proteína del grano, será necesario realizar esta clase de trabajo durante varios años, en estaciones determinadas, en las mismas zonas y con las mismas prácticas.*
4. *Investigar los efectos que tienen las condiciones nutricionales del suelo en los rendimientos, en combinación con aplicaciones foliares de nutrimentos en la época de llenado del grano.*
5. *Investigar el comportamiento que tienen otras variedades de trigo y otras especies a la aplicación foliar de nutrimentos.*

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. AYKROYD, W.R. Y DOUGHTY, J. *El trigo en la alimentación humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma 1970. 185 p.*
2. BHATIA, C.R. *Bioenergetic consideration in cereal breeding of protein improvement. Science. 194. 1418-1420. 1976.*
3. BUCKMAN, H. O. Y BRADY, N.C. *Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por R. Solavd. Barcelona, Montaner y Simmon, 1970. 580. p.*
4. DIEHL, R. Y MATEO J.M. *Fitotecnia general. Madrid, Ediciones Mundi-prensa, 1973. 814 p.*
5. ESCAMILLA, E.E. *Greenhouse studies of the effect of foliar spray of nutrient solutions during the grain filling on spring wheat (*Triticum aestivum* L.), and black field bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties. (Thesis Dr. of Philosophy). Iowa, State University, 1977. 129 p.*
6. GUATEMALA. *Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. Plan para el incremento del trigo y otros rubros agropecuarios. Guatemala, 1976.*
7. INCAP. *Instituto de Nutrición para Centro América y Panamá. Conferencia sobre recursos proteínicos en la América Latina. Guatemala, 1970. 507 p.*
8. HULSE, J. *Nutritive value of triticale protein and the proteins of wheat and rye. Ottawa, Canadá, International Development Research Centre, 1974.*

9. JACOB, A. y VON UEXKULL, H. Fertilización; nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. por López Martínez de Alva. Alemania, Hannover Verlagsgesells Chaft Fer Axkerbau mbH. 1966. 626 p.
10. LOPEZ DE LEON, E.F. Respuesta del trigo a la fertilización con NPK y Mg en los suelos de Quetzaltenango (Tesis de Ing. Agrónomo). Guatemala, Universidad de San Carlos. Facultad de Agronomía. 1974. 43 p.
11. MEXICO. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Informe anual. 1968-1969. México, 1969. 122 p.
12. MILLER E.R. Fisiología Vegetal. Trad. por F. La Torre. México, Uteha, 1967. 344 p.
13. ORTIZ DARDON, H.R. Evaluación de la respuesta del trigo *Triticum aestivum* L./em Thell a la fertilización nitrogenada usando dos fuentes, tres niveles y trece formas de aplicación. (Tesis de Ing. Agrónomo). Guatemala, Universidad de San Carlos Facultad de Agronomía. 1974. 32 p.
14. PERDOMO, R, y HAMPTON, H.E. Ciencia y Tecnología del Suelo. Guatemala, Centro de producción de materiales de la Universidad de San Carlos. 1970. 366 p.
15. RAMIREZ ALDANA, C.H. Exploración de la respuesta del trigo (*Triticum aestivum* L./em Thell) a la fertilización con NPK y Mg. en suelos de las series Quetzaltenango y Tecpán. (Tesis de Ing. Agrónomo). Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1979. 40 p.

16. TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. *Fertilidad de los suelos y Fertilizantes. Trad. de Jorge Balash y Carmel Piña.* Barcelona, Montaner y Simmon, 1970. 760. p.

Revisado por:

Biblioteca Central
7/6/79

VIII. A P E N D I C E

CUADRADO MEDIO DE PARAMETROS

Fuente de Variación	G.L.	Rendimiento	No. de espig./ espiga	No. de semillas/espiguilla	No. de semillas/espiga	Peso de 1000 semillas	Proteína	Espigas /mt ² .
<i>Repeticiones</i>		99.52	3.67	0.10	31.01	1.60	0.89	856.02(**)
<i>Tratamientos</i>		121.99	1.39	0.076	23.86	1.01	4.82(**)	37.55
<i>Error</i>		160.40	2.26	0.10	29.39	1.56	0.76	64.58
<i>Coef. de Variación</i>		10.0	4.53	6.11	8.2	2.71	6.73	1.69

(**) *Altamente significativo.*

ANEXO No. 1: Resultado de los análisis de varianza realizados en cada uno de los parámetros evaluados.

ANEXO No. 2 Efecto de cada uno de los elementos aplicados sobre los parámetros evaluados.

	Rendimiento (Kg./ha.)	
	Nivel-0	Nivel-1
Nitrógeno	1967.5	2007.0
Fósforo	1897.6	2106.6
Potasio	1954.5	2038.4
Azufre	1975.35	2002.6

	Peso de 1000 granos	
	Nivel-0	Nivel-1
Nitrógeno	35.92	33.78
Fósforo	35.96	34.49
Potasio	35.49	35.06
Azufre	35.10	35.40

	No. de espiguillas/espiga	
	Nivel-0	Nivel-1
Nitrógeno	12.42	12.41
Fósforo	12.53	12.27
Potasio	12.60	12.19
Azufre	12.20	12.54

	No. de granos por espiguilla	
	Nivel-0	Nivel-1
Nitrógeno	2.39	2.45
Fósforo	2.37	2.50
Potasio	2.42	2.45
Azufre	2.48	2.40

	PROTEINA (o/o 0)	
	Nivel-0	Nivel-1
Nitrógeno	14.47	16.06
Fósforo	14.92	16.15
Potasio	15.14	15.89
Azufre	15.19	15.64

	Espigas/M ²	
	Nivel-0	Nivel-1
Nitrógeno	171.11	173.01
Fósforo	170.30	174.75
Potasio	171.45	173.37
Azufre	170.59	173.31

	No. de granos/espiga	
	Nivel-0	Nivel-1
Nitrógeno	29.66	30.49
Fósforo	29.68	30.80
Potasio	30.47	29.85
Azufre	30.35	30.10

ANEXO No. 3.- Interacciones de los elementos aplicados y su efecto sobre los parámetros evaluados

Parámetros	Niveles de Nitrógeno	Fósforo		Potasio		Azufre		Niveles de Fósforo	Potasio		Azufre		Niveles de Potasio	Azufre	
		P ₀	P ₁	K ₀	K ₁	S ₀	S ₁		K ₀	K ₁	S ₀	S ₁		S ₀	S ₁
Rendimiento Tons hectárea	N ₀	1.98	1.93	1.94	1.99	2.02	1.94	P ₀	1.88	1.93	1.77	1.93	K ₀	1.88	2.10
	N ₁	1.81	2.15	1.96	2.06	1.94	2.04	P ₁	2.10	2.11	2.17	2.05	K ₁	2.24	1.98
Espiguilla espiga	N ₀	12.52	12.12	12.53	12.31	11.83	12.61	P ₀	12.58	12.45	11.85	12.88	K ₀	12.31	12.89
	N ₁	12.55	12.31	12.64	12.12	12.32	12.49	P ₁	12.65	12.02	12.55	12.09	K ₁	11.87	12.28
Semilla espiguilla	N ₀	2.35	2.53	2.36	2.43	2.45	2.37	P ₀	2.33	2.46	2.37	2.37	K ₀	2.51	2.33
	N ₁	2.39	2.5	2.45	2.46	2.49	2.93	P ₁	2.60	2.44	2.60	2.44	K ₁	2.40	2.46
Semilla espiga	N ₀	29.33	30.66	29.51	29.82	28.98	28.89	P ₀	28.02	30.56	28.02	30.51	K ₀	30.94	29.97
	N ₁	30.03	30.84	30.95	29.87	30.81	30.25	P ₁	32.94	29.38	32.68	29.55	K ₁	28.48	30.19
Peso de 1000 semillas (gr)	N ₀	36.33	35.59	36.32	35.53	35.95	35.91	P ₀	36.03	35.82	35.88	36.10	K ₀	35.07	35.91
	N ₁	34.70	34.44	35.10	34.70	34.82	35.02	P ₁	34.40	34.55	34.33	34.60	K ₁	35.20	35.02
Proteína (%)	N ₀	14.11	15.59	14.02	14.94	13.45	14.81	P ₀	14.77	15.23	14.35	15.20	K ₀	14.96	15.32
	N ₁	15.73	16.30	15.70	16.54	15.79	16.27	P ₁	15.88	16.33	16.03	16.24	K ₁	15.88	15.89
Espiga M ² .	N ₀	170.17	171.95	169.8	172.3	168.1	172.12	P ₀	170.14	170.61	167.79	171.55	K ₀	169.59	173.31
	N ₁	170.92	174.36	172.2	170.0	171.42	174.21	P ₁	170.07	175.21	173.4	175.66	K ₁	173.61	173.31

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

IMPRIMASE:


Dr. Antonio A. Sandoval S.

DECANO

