

Efectos del nitrógeno y del fósforo sobre el rendimiento y contenido de ambos nutrientes en trigo Cappelle Desprez¹

Víctor Volke H.²

INTRODUCCION

La cantidad de nutriente que la planta necesita absorber y la capacidad del suelo para proporcionarlo adecuadamente, son dos factores fundamentales, entre otros, que determinan el adecuado desarrollo de las plantas.

El nitrógeno y el fósforo son dos de los 16 nutrientes esenciales para la planta. La mayoría de los suelos trumao, no tienen una capacidad suficiente para entregar ambos nutrientes en las cantidades que la planta requiere. Este hecho determina que deba aplicarse elevadas cantidades de estos nutrientes al suelo, como condición previa para obtener rendimientos satisfactorios de sus cultivos, entre los cuales se incluye el trigo.

También el nitrógeno y fósforo son dos elementos importantísimos para la nutrición animal. Esto justifica la necesidad de conocer el contenido de ambos nutrientes en las plantas y productos que constituyen alimentos para el hombre o animales.

El presente trabajo tiene por objeto determinar, para una condición dada de clima y suelo, el efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento y contenido de nitrógeno (proteína) y fósforo del grano y paja de la variedad de trigo invernal más usada en la zona sur de Chile.

REVISION DE LITERATURA

Numerosos experimentos han demostrado que el contenido de proteína del grano de trigo puede ser afectado por la fertilización (1). Varios investigadores (12) (13) (15) (16) han encontrado que aplicaciones de nitrógeno al suelo incrementaron el contenido de proteína del grano. A su vez, Ames (1) y Singh (12) han determinado que aplicaciones de fósforo al suelo produjeron una disminución del contenido de proteína del grano.

¹El autor desea dejar especial constancia de sus agradecimientos al Ing. Agr. Osvaldo Inostroza U., del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, por haber proporcionado los datos acerca del ensayo de campo y las muestras de grano y paja, y al Ing. Agr. Pedro Baherle V., del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, por la colaboración prestada en los análisis químicos. Recepción manuscrito: 4 de marzo de 1968.

²Ingeniero Agrónomo, Proyecto Fertilidad de Suelos, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Profesor Cátedra de Conservación de Recursos Renovables, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.

Por otra parte, Wahhab (15) y Ames (1) encontraron que aplicaciones de nitrógeno hicieron disminuir el contenido de fósforo del grano.

Según Mecham (10), el contenido de proteína del grano del trigo puede variar de 6 a 22%, siendo el 12 a 12,5% un contenido promedio. No obstante, son la variedad y las condiciones ambientales las que en último término determinarán el contenido proteico.

Morrison (11) da valores promedios de nitrógeno para Estados Unidos hasta el año 1959, de 2,11% para el grano, lo que equivale a un 12% de proteína, y de 0,70 y 0,62% para las glumas y la paja, respectivamente. Es corriente encontrar en este país, valores de proteína que varían entre 10 y 15%, para diversas variedades y localidades (9) (12) (16).

Wahhab (15) encontró valores de 11,2 a 12,9% de proteína en suelos fertilizados con nitrógeno, en Pakistán oeste.

Jonard (7) determinó valores de 1,77 a 2,68% de nitrógeno, o sea, 10,1 a 15,2% de proteína, en varias regiones de Francia y en un período de 3 años para dos variedades, Vilmorín 27 e Híbrido de Bersée.

En cuanto al contenido de fósforo del grano, Singh (12) encontró valores de 0,38 a 0,43 en Ohio, y Morrison (11) da valores promedios para USA de 0,39% para el grano, y 0,14 y 0,07% para glumas y paja, respectivamente.

Análisis realizados en Chile por Henríquez (4), en un suelo arcilloso de la zona de Collipulli con distintos niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada (nivel máximo de fertilización: 64 Kg. de N y 70 Kg. de P por hectárea), dieron valores de 1,93 a 2,03% de nitrógeno del grano, o sea, 11,0 a 11,6% de proteína, respectivamente, y de 0,14 a 0,18% de fósforo; en un suelo trumao de la zona de Osorno, obtuvo valores de 1,52 a 1,57% de nitrógeno, o sea, 8,7 a 8,9% de proteína, respectivamente, y de 0,33 a 0,34% de fósforo.

Hewstone (5) encontró para algunos suelos de la provincia de O'Higgins, que el nitrógeno aplicado (hasta dosis de 192 Kg/ha. de N) aumentó el contenido proteico del grano. Por su parte, el fósforo determinó un ligero efecto depresivo sobre el contenido de proteína del grano, aunque sólo en las dosis medias de nitrógeno usadas, 64 y 128 Kg. por hectárea.

Los contenidos de proteína variaron de 8,6 a 13,7%.

En cuanto a la producción de proteína por superficie, ella aumentó debido al incremento de la producción de granos y del contenido de proteína de ellos que produjo el nitrógeno; sin embargo, con dosis bajas de nitrógeno aplicado, sólo aumentó a través del rendimiento. Por otra parte, el fósforo tuvo poca importancia en la producción de proteína. La proteína producida varió de 150,9 a 610,1 Kg/ha.

MATERIAL Y METODO

Los valores de porcentaje de nitrógeno y fósforo del grano y de la paja (entiéndase por paja toda la parte aérea de la planta excepto el grano), y de rendimiento del trigo, se obtuvieron de un ensayo factorial incompleto, usando dos repeticiones, con el nitrógeno y fósforo aplicados como variables, cuyos niveles y combinaciones se indican en el Cuadro 1.

El ensayo se efectuó en suelo trumao Vilcún, en la Estación Experimental Carillanca (Temuco, Chile).

El análisis del suelo dio los valores siguientes: pH en H₂O (1: 2,5), 6,0; pH en KCl N, 5,0; materia orgánica, 13,4%; nitrógeno total, 0,71%; fósforo extractable en Olsen, 10,8 ppm.; aluminio, en extracto Morgan, 410 ppm.

Se usó la variedad de trigo Cappelle Desprez, sembrándose el ensayo el 20 de mayo de 1965. La dosis de semilla fue de 120 Kg/ha. El nitrógeno se aplicó como salitre sódico al voleo, la mitad en la siembra y el resto en la macolla. El fósforo se aplicó como superfosfato triple localizado junto a la semilla.

El agua caída en el período siembra a cosecha fue de 1.236,7 mm.; de éstos, 314,7 cayeron en primavera.

Las muestras de grano y paja fueron digeridas con ácido sulfúrico concentrado y agua oxigenada según el método propuesto por Kurkayev (8). El nitrógeno amoniacal de la solución obtenida se determinó por colorimetría a través del reactivo de Nessler's, según el método propuesto por Jackson (6). El fósforo se determinó por colorimetría según el método de Troug (14), en base a molibdato de amonio y cloruro estanoso. La humedad se determinó calentando a 135°C por 2 horas, según el método de la AOAC (2).

A partir de los rendimientos y de los contenidos de nitrógeno y fósforo del grano y de la paja se estimaron las cantidades de ambos nutrientes extraídas del suelo. Los valores de extracción por parte de la paja son aproximados, pues no fue posible determinar una relación paja:grano para cada tratamiento. Se consideró una relación promedio igual a 1,45

Cuadro 1 — Descripción de los tratamientos y valores de las determinaciones realizadas¹.

TRATA- MIENTO	DOSIS		GRANO			PAJA		RENDI- MIENTO	EXTRAC- CION DE N DEL GRANO	PRO- DUC- CION PRO- TEINA DEL GRANO	EXTRAC- CION DE P DEL GRANO	EXTRAC- CION TOTAL DE N ²	EXTRAC- CION TO- TAL DE P ³
	N	P ³	N	PROTEINA	P	N	P						
(Nº)	(KG/HA.)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(QGM/ HA.)	(KG/ HA.)	(KG/ HA.)	(KG/ HA.)	(KG/ HA.)	(KG/HA.)
1	64	44	1,97	11,2	0,29	0,43	0,07	54,0	90,4	515,3	13,2	120,8	18,9
2	192	44	2,11	12,0	0,28	0,47	0,05	59,5	106,7	608,2	14,2	143,3	20,4
3	64	132	1,92	10,9	0,31	0,41	0,07	58,0	94,7	539,8	15,3	125,7	21,3
4	192	132	2,17	12,4	0,32	0,48	0,07	61,6	113,6	647,5	16,8	152,2	23,2
5	128	88	1,99	11,3	0,29	0,45	0,08	59,3	100,5	572,9	14,6	135,3	20,8
6	0	88	1,87	10,7	0,24	0,32	0,09	54,3	86,3	491,9	11,1	109,0	15,8
7	256	88	2,11	12,0	0,26	0,41	0,09	60,1	107,8	614,5	13,3	140,0	19,6
8	128	0	2,01	11,5	0,28	0,43	0,08	48,5	82,9	472,5	11,5	110,1	16,6
9	128	176	2,00	11,4	0,33	0,48	0,09	65,2	110,8	631,6	18,3	151,6	25,1
10	0	0	1,87	10,7	0,28	0,32	0,09	38,4	61,0	347,7	9,1	77,0	13,1
11	256	0	2,17	12,4	0,24	0,53	0,05	48,0	88,5	505,4	9,8	121,7	14,8
12	0	176	1,86	10,6	0,32	0,45	0,06	60,7	96,0	547,2	16,5	131,6	22,8
13	256	176	2,20	12,5	0,33	0,54	0,09	67,9	127,0	723,9	19,0	174,8	26,1
Prom.			2,02	11,5	0,29	0,44	0,08	56,6	97,2	554,0	14,0	129,7	19,9

¹Los valores son el promedio de dos repeticiones; los valores de N y P del grano y de la paja y proteína del grano están dados en base seca.

²Para expresar en P₂O₅ se multiplica por el factor 2,29.

³Estos valores son aproximados.

con contenidos aproximados de humedad de la paja y del grano de 10 y 15%, respectivamente.

Para conocer los efectos del nitrógeno y fósforo aplicados al suelo, sobre el rendimiento y los contenidos de estos nutrientes en el grano y en la paja, se efectuó un análisis de regresión múltiple usando el modelo polinomial de segundo grado, que se indica a continuación:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2$$

En el cual Y representa la característica en estudio, y X_1 y X_2 las dosis de nitrógeno y fósforo codificados de acuerdo a las expresiones siguientes:

$$X_1 = \frac{\text{Kg/ha. de N} - 128}{64} \quad X_2 = \frac{\text{Kg/ha. de P} - 88}{44}$$

Además, se efectuó un estudio de correlación simple entre varias de las características determinadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las dosis y combinaciones de nitrógeno y fósforo aplicadas al suelo y los valores de las determinaciones realizadas, se presentan en el Cuadro 1.

El Cuadro 2 incluye los coeficientes de regresión resultantes al ajustar el modelo de regresión usado a los valores de cada caracte-

Cuadro 3 — Correlación entre varias de las características determinadas.

CARACTERISTICAS	COEFICIENTE DE CORRELACION (r)
p. % de N del grano vs. p. % de N de la paja	0,771**
p. % de N del grano vs. p. % de P del grano	0,007
p. % de N del grano vs. rendimiento	0,369
p. % de P del grano vs. rendimiento	0,353
Extracción de N del grano vs. extracción de P del grano	0,851**
Extracción de N del grano vs. rendimiento	0,938**
Extracción de P del grano vs. rendimiento	0,926**

**Significativo al nivel de probabilidad de 0,01.

rística determinada, su nivel de significancia y el coeficiente de determinación múltiple de cada ecuación. No se analizaron los valores para porcentaje de fósforo de la paja, por ser éstos muy pequeños, y los valores de extracción total de nitrógeno y fósforo, por ser aproximados.

El Cuadro 3 incluye los coeficientes de correlación existentes entre varias de las características determinadas.

Para analizar el efecto del nitrógeno y fósforo sobre las determinaciones estudiadas, se considerará éste como significativo cuando su nivel de probabilidad sea igual o menor a 0,05.

Cuadro 2 — Coeficientes de regresión y determinación múltiple (R^2) para cada característica determinada.

CARACTERISTICA	COEFICIENTE DE REGRESION Y VARIABLE CODIFICADA CORRESPONDIENTE						R^2
	VAR: MEDIA COEF: b_0	x_1 b_1	x_2 b_2	x_1^2 b_{11}	x_2^2 b_{22}	$x_1 x_2$ b_{12}	
Proteína del grano (%)	11,50**	0,454**	0,008	-0,010	0,011	0,023	0,763
P del grano (%)	0,2893**	-0,003	0,0159**	-0,0066**	0,0067**	0,0032+	0,759
N de la paja (%)	0,4272**	0,0323+	0,0141	-0,0082	0,0136*	-0,0061	0,698
Rendimiento (qqm/ha.)	59,81**	1,92**	4,40**	-0,712	-0,793+	-0,180	0,836
Producción de proteína del grano (Kg/ha.)	584,57**	39,97**	43,07**	-6,91	-7,12	1,39	0,858
Extracción de P del grano (Kg/ha.)	14,73**	0,484	1,87**	-0,486*	0,168	0,122	0,853

**Significativo al nivel de probabilidad de 0,01.

*Significativo al nivel de probabilidad de 0,05.

+Significativo al nivel de probabilidad de 0,10.

El ajuste de las ecuaciones de regresión se considerará satisfactorio cuando su coeficiente de determinación sea superior a 0,76.

Porcentaje de proteína del grano. La ecuación para porcentaje de proteína del grano, Cuadro 2, indica que sólo existió efecto significativo del nitrógeno sobre esta característica, a través de su término de primer grado, que es positivo.

Analizando en conjunto la ecuación y la superficie de predicción (Figura 1), se observa que el nitrógeno aplicado aumentó en forma lineal el contenido de proteína del grano, aun a cantidades tan elevadas como 256 Kg/ha. de nitrógeno. Por otra parte, se ve que el fósforo aplicado no influyó sobre el contenido proteico del grano a ningún nivel de nitrógeno aplicado.

El aumento lineal del contenido de proteína del grano de trigo Cappelle Desprez, producido por el nitrógeno aplicado, indica que fertilizaciones superiores a 256 Kg/ha. de nitrógeno, aún continuarían aumentándolo. Sin embargo, este camino no sería el más indicado para obtener granos de mayor contenido proteico, ya que ello se ha logrado en otros países con fertilizaciones inferiores de nitrógeno, pero usando otras variedades. Esta consideración deberá tenerse en cuenta cuando en los programas de mejoramiento de trigo se seleccionen nuevas variedades.

De acuerdo al cálculo económico para rendimiento, en base a la ecuación de regresión respectiva incluyendo los términos no significativos, las dosis óptimas económicas calculadas de nitrógeno y fósforo son 70 y 84 Kg/ha.,

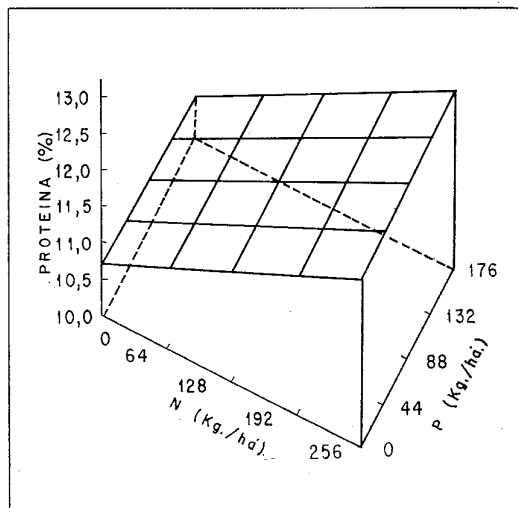


Figura 1 — Superficie de predicción para porcentaje de proteína del grano en función del nitrógeno y fósforo aplicados.

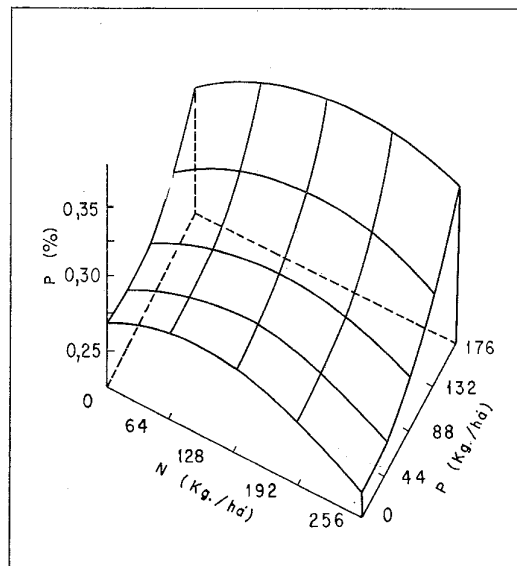


Figura 2 — Superficie de predicción para porcentaje de fósforo del grano en función del nitrógeno y fósforo aplicados.

respectivamente. En este cálculo se han considerado los precios de octubre de 1967 de los fertilizantes y el precio probable del trigo de marzo de 1968 (40 E^o/qq.). Con estos niveles de fertilización, el contenido probable de proteína del grano sería de 11,2% para las condiciones del ensayo. Ahora bien, este valor es inferior al promedio mundial, que según Meham (10) varía de 12,0 a 12,5% de proteína, y para elevarlo a valores semejantes sería necesario aplicar dosis de 192 Kg/ha. de nitrógeno, según se observa en el Cuadro 1, que en la actualidad son antieconómicas.

Porcentaje de fósforo del grano. La ecuación para porcentaje de fósforo del grano, Cuadro 2, indica efectos significativos, positivos, lineal y cuadrático del fósforo aplicado; negativo, cuadrático del nitrógeno, y, positivo, de interacción, sobre esta característica.

Analizando en conjunto la ecuación y la superficie de predicción, Figura 2, se observa que el nitrógeno aplicado en dosis bajas (inferiores a 96 Kg/ha.) tuvo cierto efecto de aumento sobre el contenido de fósforo del grano. Sin embargo, ello se debe al efecto positivo de interacción y no al nitrógeno solo. Por otra parte, este mismo nutriente en dosis superiores a la media disminuyó este contenido. En cambio, el fósforo aplicado aumentó el contenido de fósforo del grano en razón creciente.

El contenido probable de fósforo del grano de trigo Cappelle Desprez, a dosis óptimas eco-

nómicas calculadas de nitrógeno y fósforo, 70 y 84 Kg./ha., respectivamente, fue de 0,28%. Este valor es inferior al valor promedio de E.E. U.U., 0,39% (11), y a valores obtenidos en Chile con otras variedades en suelos que no son trumaos, 0,38% (3). Pero en cambio, coincide con valores promedios chilenos determinados para muestras de cuatro variedades, distintas al Capelle Desprez, de la zona Cauquenes-Osorno, en la cual predominan los suelos trumaos entre los cultivables (3).

La Figura 2 indica que el contenido de fósforo del grano comenzó a aumentar con cantidades superiores a 66 Kg/ha. de fósforo aplicado. Ahora bien, lo expresado en el párrafo anterior, junto al hecho de que este aumento se haya producido en forma creciente y que cantidades tan elevadas de fósforo aplicado, como son 176 Kg/ha., lo hayan aumentado a sólo 0,33%, indicarían que no es la variedad la causa limitante para conseguir un mayor contenido de fósforo del grano, sino el suelo (trumao), cuyo gran poder fijador de fósforo es una de sus principales características. Es así como, aunque cantidades inferiores a 88 Kg/ha. de fósforo aumentaron los rendimientos, no fueron capaces de elevar el contenido de fósforo del grano, lo cual indicaría que en esas condiciones aún existió escasez de fósforo para la planta, y la misma situación se mantendría, en menor grado, a dosis tan elevadas como 176 Kg/ha. Esto es corroborado por la forma de la superficie de predicción, Figura 2, la cual indica que dosis más altas que 176 Kg/ha. aún elevarán el contenido de fósforo del grano.

Porcentaje de nitrógeno de la paja. La ecuación para porcentaje de nitrógeno de la paja, Cuadro 2, indica efectos significativos positivos, lineal del nitrógeno y cuadrático del fósforo aplicados, sobre esta característica.

Sin embargo, el bajo coeficiente de determinación múltiple de la ecuación indica que el modelo de regresión polinomial de segundo grado usado, no es adecuado para representar el efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el contenido de nitrógeno de la paja, bajo las condiciones del ensayo.

Los valores obtenidos para porcentaje de nitrógeno de la paja y glumas, 0,45% para la fertilización media usada, son inferiores a los promedios dados para E.E. U.U. de 0,62% para la paja y 0,55% para las glumas (11).

Porcentaje de fósforo de la paja. Los valores obtenidos para porcentaje de fósforo de la paja, Cuadro 1, coinciden con los promedios obtenidos en E.E. U.U., 0,07 para la paja y 0,14% para las glumas (11).

Rendimiento de granos. La ecuación para rendimiento, Cuadro 2, indica efectos significativos, positivos lineales del nitrógeno y fósforo aplicados (siendo superior el efecto de este último nutriente), sobre rendimiento. De ella se deduce que ambos nutrientes aumentaron los rendimientos en razón ligeramente decreciente.

Sin embargo, el hecho de que los términos de segundo grado no hayan sido significativos (al nivel de 0,05) significa que las dosis máximas de ambos nutrientes usados, aun no fueron lo suficientemente elevadas para llegar claramente al nivel de los rendimientos decrecientes. Esto demuestra cuán limitada está la productividad de los suelos trumaos por la fertilidad del suelo, especialmente por nitrógeno y fósforo.

Producción de proteína del grano. La ecuación de producción de proteína del grano, Cuadro 2, indica efectos significativos, positivos lineales del nitrógeno y fósforo aplicados, sobre esta característica. El incremento de producción que ambos nutrientes provocaron en casi igual magnitud, se produjo en razón decreciente no significativa.

La participación de estos dos nutrientes en la producción de proteína del grano se explica por el hecho de que el nitrógeno aplicado aumentó la producción de proteína a través de su efecto positivo sobre el rendimiento y sobre el porcentaje de proteína del grano; en cambio, el fósforo sólo lo hizo a través de su efecto positivo sobre los rendimientos, ya que no influyó sobre esta última característica.

La producción de proteína a dosis óptimas económicas calculadas de nitrógeno y fósforo, 70 y 84 Kg/ha., respectivamente, fue de 544,4 Kg/ha., esto es, 95,5 Kg/ha de nitrógeno.

Extracción de fósforo por parte del grano. La ecuación para extracción de fósforo por parte del grano, Cuadro 2, indica efectos significativos, lineal positivo del fósforo aplicado, y cuadrático negativo del nitrógeno. De ello se deduce que el fósforo aumentó la extracción en razón ligeramente creciente, y el nitrógeno tendió a disminuirla en dosis elevadas y a aumentarla ligeramente en dosis bajas.

El fósforo aplicado actuó aumentando la extracción a través de su efecto positivo sobre el contenido de fósforo del grano y sobre los rendimientos. En cambio, el nitrógeno, en dosis bajas, la habría aumentado ligeramente a través de su efecto positivo sobre los rendimientos y, en dosis elevadas, la habría disminuido a través del menor contenido de fósforo del grano que provocó.

La extracción de fósforo por parte del gra-

no, correspondiente a una producción de 57,6 qqm/ha. obtenida con las dosis óptima económicas calculadas de nitrógeno y fósforo (70 y 84 Kg/ha., respectivamente), fue de 13,9 Kg/ha.

Balace de nitrógeno y fósforo en la relación suelo-producción de grano y paja de trigo. Al analizar la extracción total aproximada de nitrógeno, Cuadro 1, se observa que en los tratamientos con dosis bajas de nitrógeno aplicado existió una mayor extracción que la cantidad de nitrógeno aportado. Este déficit de nitrógeno llegó a valores tan elevados como 131,6 Kg/ha., aproximadamente, debiendo ser suministrado por el suelo, seguramente a partir de su nitrógeno orgánico y/o del nitrógeno aportado por los microorganismos fijadores de este nutriente. En el tratamiento sin P ni N, el suelo fue capaz de proporcionar 13,1 Kg/ha. de fósforo, aproximadamente, y en el con 128 Kg/ha. de nitrógeno, 16,6 Kg/ha.

Al considerar las dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo, 70 y 84 Kg/ha., respectivamente, se ve que la extracción total aproximada de ambos nutrientes fue de 125,0 y 19,9 Kg/ha., respectivamente. Esto indica que, a estas dosis, el aporte de nitrógeno por el suelo fue de 55,0 Kg/ha. y la recuperación del fósforo aplicado fue de sólo 23,7%, valor seguramente muy inferior si se considera que el suelo contribuyó con una parte del fósforo extraído por la planta.

Es importante considerar que, de no existir un mecanismo natural que esté aportando nitrógeno al suelo desde el aire, se estará provocando un déficit de este nutriente en el suelo al usar la dosis óptima económica probable.

Correlaciones. Observando el Cuadro 3, vemos que existió correlación positiva entre los porcentajes de nitrógeno del grano y de nitrógeno de la paja. No se encontró correlación entre el porcentaje de nitrógeno y de fósforo del grano, entre el porcentaje de nitrógeno del grano y rendimiento, y entre porcentaje de fósforo del grano y rendimiento. Por lo tanto, si bien el nitrógeno y el fósforo actuaron aumentando sus respectivos contenidos en el grano, a la vez que elevaron el rendimiento, se desprende que estos efectos se produjeron en forma distinta. Una diferencia existe en que el fósforo no presentó efecto sobre el contenido del nitrógeno del grano. Por su parte, el nitrógeno actuó sobre el contenido de fósforo del grano sólo en dosis elevadas, disminuyéndolo.

En cuanto a la extracción del nitrógeno por parte del grano, se observa que presenta correlación positiva con la extracción de fósforo de este mismo. Esto se explica por el hecho de que ambas características están, a su vez, correlacionadas positivamente con el rendimiento.

R E S U M E N

El nitrógeno y el fósforo son los dos nutrientes de mayor importancia para obtener rendimientos adecuados de trigo en suelos trumaos.

En un suelo trumao, se estudió los efectos del nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento y contenido de ambos elementos en trigo de invierno, variedad Cappelle Desprez.

Los efectos de ambos nutrientes se estudiaron a través de un análisis de regresión múltiple usando un modelo polinomial de segundo grado, y por medio de correlaciones simples entre las características estudiadas.

El análisis de regresión indicó: efectos positivos lineal de nitrógeno y ninguno de fósforo sobre el contenido de proteína del grano; efecto negativo cuadrático de nitrógeno, positivos lineal y cuadrático de fósforo, y positivo de interacción sobre el contenido de fósforo del grano; efectos positivo lineal de nitrógeno y positivo cuadrático de fósforo sobre el contenido de nitrógeno de la paja; efectos positivos lineales de ambos nutrientes sobre rendimiento; efectos positivos lineales de ambos nutrientes sobre producción de proteína por superficie, y efectos positivo lineal de fósforo y negativo cuadrático de nitrógeno sobre la extracción de fósforo por parte del grano.

Los coeficientes de determinación (R^2) de las ecuaciones de regresión variaron de 0,698 a 0,858.

El análisis de correlación indicó correlación positiva entre: porcentaje de nitrógeno del grano y de la paja; extracción de nitrógeno y fósforo del grano; extracción de nitrógeno del grano y rendimientos, y extracción de fósforo del grano y rendimiento. No existió correlación entre porcentajes de nitrógeno y de fósforo del grano; porcentaje de nitrógeno del grano y rendimiento, y porcentaje de fósforo del grano y rendimiento.

S U M M A R Y

Nitrogen and phosphorus are two of the most important nutrients to obtain a good yield with wheat in "trumao" soils.

It was studied the effects of nitrogen and phosphorus on yields and the content of both nutrients in a winter wheat variety, Cappelle Desprez, in a "trumao" soil.

The effects of both nutrients were analyzed with a multiple regression analysis using the second grade polynomial model.

A lineal correlation analysis was also used.

The regression analysis showed: a positive lineal effect of nitrogen and no effect of phosphorus upon protein percentage of grains; a negative quadratic effect of nitrogen; a positive lineal and quadratic effect of nitrogen; a positive lineal and quadratic effect of phosphorus, and a positive effect of interactions upon phosphorus percentage of grains; a positive lineal of nitrogen and positive quadratic of phosphorus upon nitrogen percentage of straw; positive lineal effects of both nutrients of phosphorus upon yield; positive lineal effects of both nutrients upon protein productions per given area, and a positive lineal effect of phosphorus and a negative quadratic effect of nitrogen upon extracts of phosphorus from grains.

The multiple equations coefficient went from 0,698 to 0,858.

The correlation analysis showed: a positive correlation between nitrogen percentage of grains and that of straw; between extracts of nitrogen and phosphorus from grains; extracts of nitrogen of grains and yield, and extracts of phosphorus of grains and yield. No correlation was found between nitrogen and phosphorus percentage of grains; between nitrogen percentage of grains and yields, and phosphorus percentage of grains and yields.

LITERATURA CITADA

1. AMES, I. W. *et al.* Effect of fertilizers on the physical and chemical properties of wheat. Ohio Agr. Exp. Sta. Bul. 243. 1912. 22 p. (Original no consultado; citado por Singh, H. G. and Lamb, C. A. Agronomy Journal 52 (12): 678-680. 1960).
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemist. Menasha, Wisconsin, George Banta Company, Inc., 1964. 284 p.
3. HENRÍQUEZ U., ALBERTO. Estudio de la composición química de los trigos chilenos, en relación a la variedad y al año de cosecha. Agricultura Técnica, (Chile), 9 (1): 11-27. 1949.
4. _____ y BUDNIK S., HERNÁN. Influencia de los abonos en el rendimiento y composición química de los trigos. Agricultura Técnica, (Chile), 12 (2): 80-92. 1952.
5. HEWSTONE M., CRISTIAN. Influencia del nitrógeno y fósforo sobre la calidad panadera de trigos. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, 1962. 79. p. (Mimeografiada).
6. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1958. pp. 183-204.
7. JONARD, PIERRE. Les blés tendres (*Triticum vulgare* Vill) cultivés en France. Paris, Institut National de la Recherche Agronomique, 1951. pp. 122-133.
8. KURKAYEV, V. T. Rapid determinations of nitrogen, phosphorus and potassium in plant material from a single sample. Soviet Soil Science (9): 1118-1121. 1959.
9. MCNEAL, F. H. and DAVIS, D. J. Effect of nitrogen fertilization on yield, culm number and protein content of certain spring wheat varieties. Agronomy Journal 46 (8): 375-378. 1954.
10. MECHAM, DALE K. y BROTHER, GEORGE H. Proteínas del trigo conocidas y desconocidas. En Cosechas. La agricultura como fuente de vida. The Yearbook Agricultura 1950. pp. 811-818.
11. MORRISON, FRANK B. Feed and feeding. Clinton, Iowa, The Morrison Publishing Company, 1959. pp. 1018-1019, 1066-1067.
12. SINGH, H. G. and LAMB, C. A. Mineral and protein content of wheat grain as influenced by variety, soil, and fertilizer. Agronomy Journal 52 (12): 678-680. 1960.
13. SNYDER, H. Influence of fertilizer on the composition of wheat. Journal American Chemical

- Society 30: 604-608. 1908. (Original no consultado; citado por Singh, H. G. and Lamb, C. A. Agronomy Journal 52 (12): 678-680. 1960).
14. TROUG, EML. The determinations of the readily available phosphorus of soils. Journal of the American Society of Agronomy 22 (10): 874-882. 1930.
 15. WAHHAB, A. and USSAIN, ILTAF. Effect of nitrogen on growth, quality, and yield of irrigated wheat in West Pakistan. Agronomy Journal 49 (3): 116-119. 1957.
 16. WOODWARD, R. M. Responses of some semi-dwarf spring wheats to nitrogen and phosphorus fertilizer. Agronomy Journal 58 (1): 65-66. 1966.

LITERATURA CONSULTADA

1. HEADY, EARL O. and DILLON, JOHN L. Agricultural production function. Ames, Iowa. Iowa State University Press, 1961. 667 p.
2. HORLACHER, H. Conocimiento y experiencia adquiridas en la abonadura del trigo. Hannover, Alemania, Verlagsgesellschaft für Ackerbau mb H., 1957. 32 p. (Boletín verde 5).
3. WALKER, WILLIAM M. and PESEK, JOHN. Chemical compositions of Kentucky Bluegrass (*Poa pratensis*) as a function of applied nitrogen, phosphorus, and potassium. Agronomy Journal 55: 247-250. 1963.