

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION N-P EN REPOLLO
(*Brassica oleraceae* L. VAR. CAPITATA) TRASPLANTADO SOBRE UN
ANDISOL VILCUN. II. ABSORCION DE N, P Y K DE LAS PLANTAS
Y NIVELES DE ESTOS EN EL SUELO

Effect on N-P fertilization rate on transplanted cabbage crop in a
Vilcún Andisol. II. Absorption of N, P and K cabbage plants
and its content by soil

Adolfo Montenegro B.², Pedro Baherle V.³, Rodolfo Pihán S.², Nilo Lizama A.² y Edith Méndez A.²

S U M M A R Y

The effect of different NP fertilization rates (nitrogen: 0, 100, 200, 300 kg/ha; phosphorus: 0, 44, 87, 131, 175 kg/ha) on nitrogen, phosphorus and potassium absorption of cv. Mercado de Copenhagen cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. Capitata) plants transplanted on a Vilcún soil was investigated. In addition, at different NP levels the soil nitrogen content was determined. Materials and methods used were described on Part I of this study.

Leaves and stem lengthening phosphorus percentage increased as phosphorus fertilization increased. The same trend was observed in total absorption of nitrogen, phosphorus and potassium by the whole plant. The high leaves nitrogen content of cabbage and no response to nitrogen fertilization suggested an adequate N plants supply probably from mineralization of soil active organic fraction. Also, the inorganic nitrogen content of Vilcún soil profile was increased as the nitrogen rate increased and it was decreased in depth through the growth cycle. At different nitrogen levels the phosphorus recovery efficiency was decreased as phosphorus fertilization increased.

Key words: cabbage crop, *Brassica oleraceae*, N-P fertilization, nitrogen, phosphorus, N-P-K plant absorption, phosphorus recovery efficiency, soil profile nitrogen content.

INTRODUCCION

El repollo es una planta que se caracteriza por presentar elevados requerimientos de nitrógeno y potasio para su desarrollo normal.

Al respecto, Hara y Sonoda (1979a) señalan que las altas cantidades de nitrógeno y potasio acumuladas en las hojas internas o del repollo, sugerirían que ambos nutrientes serían los más importantes en la formación de éstas. Hara, Kisawa y Sonoda (1981) mencionan que el nitrógeno es absorbido por las plantas de repollotanto para satisfacer el crecimiento de sus hojas externas, como para generar el desarrollo de las hojas internas. Peck (1981), indica, a su vez, que, en suelos de New York (E.U.A.), el incremento de la fertilización nitrogenada aumenta el contenido

de N-NO₃ y el rendimiento del repollo y éste disminuye la calidad de dicho repollo. En forma similar a los anteriores, Thomas, Namken y Brown (1970), en suelos de Texas (E.U.A.), también indican un aumento del rendimiento del repollo con el incremento de la fertilización nitrogenada.

Los requerimientos de fósforo de las plantas de repollo no son elevados (Hara y Sonoda, 1981), sin embargo, si no es suministrado, no se produce buen desarrollo, en forma similar a lo que ocurre al omitir al nitrógeno y potasio (Hara y Sonoda, 1979a).

En base a lo anterior, y a la importancia hortícola del suelo Vilcún, se decidió estudiar el efecto de la fertilización N-P en la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de plantas de repollo cv. Mercado de Copenhagen trasplantadas sobre dicho suelo.

También se consideró importante conocer, en diferentes épocas de muestreo, la variación del contenido de nitrógeno inorgánico en el perfil del suelo, luego de la aplicación de los distintos niveles de fertilización nitrogenada.

¹Recepción de originales: 26 de septiembre de 1989.

²Estación Experimental Carillanca (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

³Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

MATERIALES Y METODOS

En general, éstos se describieron en la parte I del trabajo (Montenegro y otros, 1991). Cabe mencionar que se utilizó un diseño de bloques al azar, con un arreglo factorial 5x5 (N x P), con cinco repeticiones. Se consideraron las siguientes dosis de fertilización NP: 0, 100, 200, 300 y 400 kg de N/ha y 0, 44, 87, 131 y 175 kg de P/ha (0, 100, 200, 300 y 400 kg de P_2O_5 /ha).

La evaluación estadística de los resultados se realizó en base a análisis de variancia y de regresión. Resta señalar que, al final del experimento, se muestreó el suelo de cada parcela a 20 cm de profundidad, para establecer los niveles de N, P y K disponibles, luego de la extracción efectuada por las plantas.

Las muestras de hojas y prolongaciones del tallo se secaron a 65°C y luego se molieron y analizaron. La digestión se efectuó por calcinación, el contenido de fósforo y potasio mediante colorimetría con ácido ascórbico y fotometría de llama, respectivamente. El nitrógeno se determinó a través de una digestión en H_2SO_4 y de una posterior destilación de N por arrastre de vapor.

Por último, se estableció la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las plantas y se determinó la eficiencia de recuperación del P aplicado como fertilizante. Además, se determinó la variación en profundidad del N aplicado como fertilizante al suelo, en los diferentes tratamientos investigados y descritos en la parte I de este trabajo (Montenegro y otros, 1991).

El contenido de N inorgánico, en el perfil del suelo, se determinó en distintas épocas de muestreo, en los tratamientos 87 kg de P/ha y en todos los niveles de N considerados.

Se estimaron los contenidos iniciales y finales de N y P disponible y de K intercambiable del suelo, a una profundidad de 20 cm, con el fin de disponer de mayor información para la comprensión de los resultados obtenidos.

La eficiencia de recuperación del fósforo se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Ef. rec. P} = \frac{[\text{Abs. P plantas trat. } P_x \text{ (kg/ha)} - \text{Abs. P Plantas trat. testigo (kg/ha)}] \times 100}{\text{Dosis P (kg/ha)}}$$

donde:

P_x = P44 a P175

RESULTADOS Y DISCUSION

Contenido de N, P y K en hojas y tallos de las plantas de repollo

En el Cuadro 1, se observa que el porcentaje de fósforo (P) en las hojas y tallos de las plantas de repollo, aumenta con el incremento de la dosis de fósforo, en todos los niveles de fertilización nitrogenada considerados.

Las hojas presentan un menor porcentaje de P que los tallos. El porcentaje de P en las primeras aumenta de 0,16 a 0,43 y en los tallos éste aumenta de 0,22 a 0,51, aproximadamente, con el incremento de la dosis de fósforo (0 a 175 kg de P/ha). La contribución de los tallos, a la cantidad total de P absorbido por las plantas, no es importante, debido a la escasa magnitud de la materia seca que éstos representan. Por el contrario, la contribución de las hojas al total de P absorbido por las plantas, es muy importante, ya que ellas representan una elevada proporción de la materia seca de la cabeza del repollo.

El porcentaje de N en las hojas, no presenta mayores variaciones con el incremento de la dosis de fósforo. Similar tendencia se observa en el caso de los tallos, con excepción de los testigos (Cuadro 1).

También, al igual que en el caso del P, las hojas contribuyen en mayor proporción que los tallos, al contenido de N de la cabeza de repollo.

El porcentaje de K, en tallos y en las hojas, no muestra una tendencia clara con el incremento de la dosis de fósforo, en todos los niveles de nitrógeno estudiados. En este caso, las hojas también contribuyen en mayor proporción que los tallos al contenido total de K en la mencionada cabeza (Cuadro 1).

Efecto del N y P en la absorción de N, P y K

La absorción de N, P y K de las plantas podría ayudar a explicar el rendimiento obtenido en este experimento. Esta "absorción" no considera las cantidades de estos nutrientes en las hojas externas basales y en el resto del tallo. Se refiere exclusivamente al contenido de éstos en las cabezas de los repollos. Dicha absorción se presenta junto al rendimiento en el Cuadro 2.

Del Cuadro destacan las altas cantidades de N y K absorbidas por las plantas de repollo en el Andisol Vilcún. Se observa, que la cantidad de N, P y K presente en las cabezas de repollo/ha, aumenta en función del incremento de la dosis de fósforo. Ello podría sugerir que, en este suelo, la fertilización fosfatada cumpliría un rol esencial en la formación de las

CUADRO 1. Contenido de N, P y K en hojas y tallos de plantas de repollo, bajo diferentes niveles de fertilización N-P

TABLE 1. Nitrogen, phosphorus and potassium content on leaves and stem of cabbage plants under different N P fertilization levels

Tratamiento		Contenido de elementos ¹					
N kg/ha	P kg/ha	N (%)		P (%)		K (%)	
		Hojas	Tallos	Hojas	Tallos	Hojas	Tallos
0	0	1,90	2,75	0,16	0,22	2,46	3,25
0	44	2,14	2,64	0,26	0,39	2,82	3,77
0	87	2,00	2,28	0,34	0,39	2,78	2,67
0	131	2,20	2,29	0,42	0,46	2,73	2,88
0	175	1,88	2,54	0,33	0,51	2,42	3,54
100	0	2,00	2,83	0,17	0,24	2,74	3,43
100	44	2,16	2,49	0,27	0,30	2,81	2,84
100	87	1,96	2,65	0,31	0,37	2,70	3,05
100	131	2,13	2,52	0,36	0,44	2,64	2,32
100	175	2,02	2,53	0,35	0,50	2,42	3,15
200	0	1,90	2,73	0,16	0,24	2,52	3,39
200	44	2,11	2,39	0,28	0,28	3,12	2,32
200	87	2,21	2,55	0,32	0,47	2,82	3,67
200	131	2,22	2,35	0,36	0,40	2,37	2,15
200	175	1,99	2,91	0,39	0,62	2,29	3,42
300	0	2,07	2,97	0,18	0,25	2,50	3,03
300	44	2,17	2,25	0,25	0,27	2,70	1,96
300	87	2,10	2,53	0,34	0,43	2,44	2,60
300	131	2,09	2,71	0,34	0,53	2,38	3,41
300	175	2,12	2,66	0,37	0,53	2,26	3,08
400	0	1,93	2,97	0,17	0,26	2,56	3,30
400	44	2,06	3,10	0,25	0,42	2,98	4,11
400	87	2,23	2,47	0,36	0,43	2,80	3,01
400	131	2,05	2,46	0,35	0,51	2,21	3,41
400	175	2,12	2,40	0,43	0,46	2,44	2,53

¹Porcentaje base materia seca.

cabezas, en la cantidad de hojas internas presentes en éstas y en la cantidad total de N y K absorbida por las plantas. Hara y Sonoda (1979a), señalan que las elevadas cantidades de N y K presentes en las hojas internas del repollo, sugerirían que éstos serían los macronutrientes más importantes en la formación de dicha cabeza. Hara y Sonoda (1979b), también indican en estudios con soluciones nutritivas, que el fósforo debe encontrarse presente, junto al N y K, en éstas para que se forme la cabeza de dicha planta. En el presente estudio, también se encontraron elevadas cantidades de N y K en las hojas internas, y éstas aumentaron con el incremento de la dosis de P, al igual que en el caso de este último. Por lo tanto, los resultados encontrados en el suelo Vilcún, señalarían que, en éste, el fósforo sería esencial en la fertilización de dicha planta, al igual que el nitrógeno y potasio.

Dado que los Andisoles poseen una elevada retención de P, sería indispensable que éste se adicionara como fertilizante al momento del trasplante, con el fin de garantizar que sea suministrado adecuadamente a las plantas. Hara y Sonoda (1981) señalan que los requerimientos de fósforo serían pequeños, lo cual coincidiría con lo encontrado en este trabajo. Sin embargo, en el presente estudio, las pequeñas cantidades de P existentes en las hojas internas, en relación a las altas cantidades de N y K, no sugieren que estos últimos sean más importantes para el repollo. Por lo contrario, en este suelo, el criterio de cantidad presente en las hojas internas, no es válido, puesto que la planta podría suplir sus requerimientos de N y K, directamente desde el suelo y no a través de una fertilización dada, lo cual no ocurriría en el caso de P. Hara y Sonoda (1981) señalan también que los

CUADRO 2. Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada y fosfatada en la absorción de N, P y K del repollo

TABLE 2. Nitrogen and phosphorus fertilization effect on N, P and K absorption by cabbage plants

Tratamiento		Absorción de nutrientes del repollo (kg/ha)			
N kg/ha	P kg/ha	m.s. total	N	P	K
0	0	1.207,3	24,9	2,1	31,2
0	44	2.556,9	57,0	7,4	77,2
0	87	2.785,2	56,3	9,7	77,1
0	131	2.927,4	63,9	12,2	79,7
0	175	3.641,0	70,7	12,7	93,4
100	0	1.475,0	31,7	2,6	42,7
100	44	2.706,9	59,3	7,4	76,5
100	87	3.054,0	61,9	9,6	85,0
100	131	3.459,1	75,1	12,7	89,9
100	175	3.217,6	66,5	11,8	80,3
200	0	1.282,6	26,4	2,3	35,2
200	44	2.716,6	57,8	7,5	82,7
200	87	2.981,0	66,7	9,9	86,1
200	131	3.216,6	71,5	11,5	76,3
200	175	3.534,7	73,7	14,9	86,7
300	0	1.438,1	31,9	2,7	37,2
300	44	2.736,9	59,3	6,8	71,5
300	87	2.930,2	62,7	10,2	71,9
300	131	3.426,0	73,8	12,3	84,7
300	175	3.420,3	74,8	13,2	81,2
400	0	1.413,8	29,1	2,6	38,3
400	44	2.844,5	61,1	7,6	82,2
400	87	2.921,5	66,2	10,8	82,6
400	131	3.134,8	65,8	11,6	74,7
400	175	3.010,2	64,7	13,1	74,6

Valores F, absorción Nitrogenada: N = 1,17 N.S.; P = 68,49 (P ≤ 0,01); NP = 0,77 N.S.

Valores F, absorción Fósforo: N = 0,51 N.S.; P = 192,21 (P ≤ 0,01); NP = 1,00 N.S.

Valores F, absorción Potasio: N = 0,51 N.S.; P = 45,69 (P ≤ 0,01); NP = 1,20 N.S.

requerimientos de calcio, además de los de N, serían elevados en esta planta. El Ca y el N ella lo utilizaría durante todo el período de crecimiento en la síntesis de proteínas y en la formación de la pared celular. Los niveles de Ca en este suelo serían altos, como se puede observar en el Cuadro 3, por lo que no cabría esperar deficiencias de éste en la planta.

Por otra parte, Hara y Sonoda (1982) indican que las plantas de repollo necesitan una temperatura óptima de 20°C, además de un adecuado suministro de N para alcanzar el rendimiento óptimo, aun cuando temperaturas ligeramente superiores o inferiores a ésta también puede disminuir el rendimiento.

En este trabajo, las temperaturas medias de cobertizo y de la superficie del suelo, variaron entre 16 y 20,7°C durante el transcurso del experimento. Por lo tanto, las plantas estuvieron sometidas a temperaturas adecuadas para el desarrollo de la cabeza, ya que éstas se encontraban cerca del óptimo mencionado por Hara y Sonoda (1982).

Por último, la dosis de fósforo tuvo un efecto significativo en la absorción de N, P y K de las plantas de repollo.

La absorción de N y P, en función de la dosis de fósforo y considerando en conjunto todos los niveles de N, se ajustó a un modelo cuadrático de tipo: $y = a + bP + cP^2$.

Los valores de R² de las regresiones de la absorción de N y P de las plantas, en función de la dosis de fósforo empleada, fueron elevados, y señalarían la importancia de este elemento en la fertilización del repollo. Dichos valores se muestran en las figuras respectivas (1 y 2). La absorción de K no se ajustó a un modelo cuadrático en función de la dosis P, aún cuando el valor de F fue significativo.

Contenido de NPK inicial y final del suelo

En el Cuadro 4, se observa que el contenido de N inorgánico del suelo, en condiciones naturales, sin fertilización nitrogenada, aumentó al término del experimento en las dosis 0 y 44 kg de P/ha y que el aumento obtenido con esta última es inferior al de la primera. Al aumentar la dosis de fósforo sobre 44 kg de P/ha, en ausencia de fertilización nitrogenada, se observa una reducción del contenido de N inorgánico del suelo, en relación directa con el incremento de dicha dosis.

Con las otras dosis de N se aprecia un aumento del contenido de N inorgánico del suelo, al final del experimento. El nitrógeno inorgánico en el suelo, es mayor cuanto más alta es la dosis de N empleada. A su vez, se observó, al final del estudio, que el aumento de la dosis de P disminuye el contenido de N inorgánico en los distintos niveles de nitrógeno empleados.

El contenido de P disponible en el suelo, al término del experimento, en general, disminuyó ligeramente, aun cuando en algunos tratamientos éste se mantuvo igual o superior al existente inicialmente.

A su vez, el contenido de K intercambiable del suelo se mantuvo sin mayores variaciones al final del estudio, en relación a los tenores existentes al inicio de éste.

CUADRO 3. Caracterización química del suelo

TABLE 3. Soil chemical characteristics

	N _{Inorg.}	N _{Incub.}	P	pH	m.o.	Ca	Mg	K
Tipo muestreo	ppm			1/2,5	%	me/100 g		
Muestreo preliminar antes de roturar la pradera (julio)	11	-	3,3	5,9	15,8	-	-	0,31
Muestreo inicial (suelo con laboreo y regado) al momento del trasplante (noviembre)	85	99	8,4	5,3	15,8	7,89	0,63	0,24

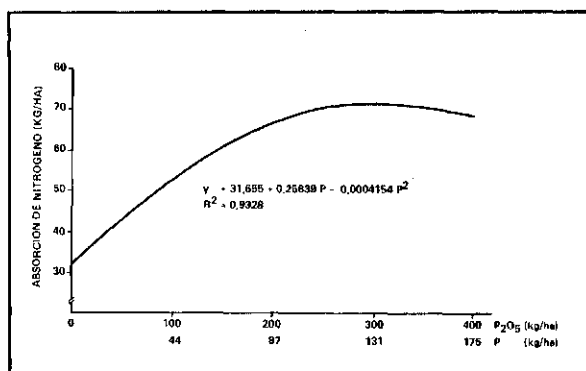


FIGURA 1. Efecto de la dosis de fósforo en la absorción de nitrógeno del repollo.

FIGURE 1. Phosphorus rate effect on nitrogen absorption by cabbage plants.

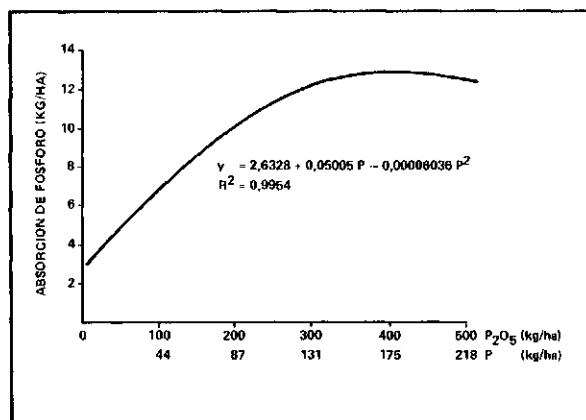


FIGURA 2. Efecto de la dosis de fósforo en la absorción de fósforo en el repollo.

FIGURE 2. Phosphorus rate effect on its absorption by cabbage plants.

El mayor contenido de N inorgánico del suelo, al final del experimento, tanto en los testigos como en los distintos tratamientos con fertilización fosfatada, en todos los niveles de fertilización nitrogenada, indicaría que el suelo suministró N en forma adecuada para las necesidades de las plantas. Probablemente, de acuerdo a Rodríguez y Silva (1984a), este mayor contenido de N, al final del estudio, se originaría, en parte, por mineralización de la fracción lábil (N_o lábil) y de la resistente (N_o resistente), de la materia orgánica activa.

Rodríguez y Silva (1984a), señalan que las praderas naturales mejoradas de los Andisoles del sur desarrollan un profuso sistema radical en la estrata superficial del suelo, que junto a residuos vegetales frescos de la parte aérea, daría lugar a una gran fitomasa microbiana. Ellos indican que esta fitomasa al mineralizarse sería responsable del N_o lábil, al laborear la pradera. Señalan, además, que el manejo anterior del suelo también sería responsable del N potencialmente mineralizable de la fracción resistente.

El suelo Vilcún donde se condujo el experimento de fertilización NP en repollo, estuvo durante varios años con una pradera de leguminosas-gramíneas para talajeo animal, por lo tanto, el laboreo de éste, de acuerdo a Rodríguez y Silva (1984a), posiblemente condujo a una mineralización de la fracción activa de la materia orgánica. Esto podría explicar el aumento de los tenores de N inorgánico en el suelo con laboreo y riego, al momento del trasplante, en relación a los tenores de éste en el suelo sin roturar (Cuadro 3).

Rodríguez y Silva (1984a), señalan estimaciones del N_o total mineralizado, que varía entre 220 y 404 ppm y entre 261 y 429 ppm en los Andisoles del norte y del sur, respectivamente. Los contenidos del N inorgánico del suelo sin fertilización nitrogenada, al final del estudio, serían inferiores a los señalados por esos

CUADRO 4. Contenido de N P K inicial y final del suelo a una profundidad de 20 cm desde la superficie de éste (promedio de 5 repeticiones)**TABLE 4. Initial and final N P K soil content in a 20 cm deep layer (five replication average)**

Tratamiento Nº	Dosis (kg/ha)		Ni ¹	Nf ²	Pl ³	Pf ⁴	Ki ⁵	Kf ⁶
	N	P	ppm		ppm		me/100 g	
1	0	0	85	128	7,5	6,9	0,27	0,34
2	0	44	89	105	8,1	7,5	0,33	0,33
3	0	87	92	55	7,3	7,5	0,27	0,25
4	0	131	87	49	7,3	8,0	0,28	0,28
5	0	175	100	43	7,5	6,9	0,41	0,31
6	100	0	88	183	6,9	7,1	0,38	0,36
7	100	44	97	139	7,7	6,8	0,30	0,35
8	100	87	111	119	7,9	7,3	0,28	0,29
9	100	131	92	107	7,5	7,0	0,30	0,29
10	100	175	96	95	8,0	6,9	0,35	0,27
11	200	0	100	234	7,5	6,5	0,36	0,41
12	200	44	96	259	7,0	6,1	0,27	0,27
13	200	87	108	273	7,1	6,5	0,28	0,36
14	200	131	98	224	7,2	5,8	0,27	0,28
15	200	175	95	177	7,2	7,3	0,28	0,30
16	300	0	110	343	6,5	7,4	0,32	0,39
17	300	44	92	288	7,8	6,6	0,31	0,34
18	300	87	97	265	6,5	7,1	0,28	0,31
19	300	131	108	235	8,3	7,4	0,32	0,37
20	300	175	91	211	7,6	6,8	0,26	0,29
21	400	0	98	418	8,0	6,4	0,31	0,39
22	400	44	100	428	7,8	7,1	0,32	0,34
23	400	87	100	407	7,7	6,5	0,29	0,30
24	400	131	98	263	7,4	7,6	0,28	0,31
25	400	175	89	370	6,1	7,1	0,27	0,31

¹Nitrógeno disponible inicial; ²Nitrógeno disponible final; ³Fósforo disponible inicial; ⁴Fósforo disponible final; ⁵Potasio intercambiable inicial; ⁶Potasio intercambiable final.

investigadores para N_o total y se asemejarían a los valores del N_o lábil que ellos informaron. Rodríguez y Silva (1984b) señalan, que en siembras de otoño y primavera el "pool" lábil se agota rápidamente y que el pool resistente también disminuye en el año. Debido a ello, señalan que, aún en el caso de la rotura de una pradera, no existiría un efecto residual importante para el segundo año del cultivo. Esto permitiría sugerir que debería considerarse un cierto nivel de fertilización nitrogenada para el cultivo que suceda al repollo en la rotación.

Las condiciones permanentes de humedad del suelo del experimento con repollo y las temperaturas de éste deberían favorecer el proceso de mineralización de la fracción activa de la materia orgánica.

A su vez, el elevado contenido de nitrógeno de las hojas de la cabeza del repollo, indicaría que la planta recibió un adecuado suministro de N durante su desarrollo.

La ausencia de respuesta de las plantas a la fertilización nitrogenada, posiblemente se debería a que el suelo suplió los requerimientos de nitrógeno de éstas. Esto se corroboraría con las altas cantidades de N inorgánico residual presentes en el suelo al final del experimento. Ello se observa en todas las dosis de fósforo consideradas en el estudio.

Contenido de N inorgánico en el perfil del suelo Vilcún

El contenido de N inorgánico se muestra en las figuras 3 a 7. El primer muestreo correspondió al estado inicial del suelo sin fertilizar. El segundo y tercero, correspondieron a muestreos efectuados al día siguiente de la aplicación del tercio y de los 2/3 de cada una de las dosis de nitrógeno, respectivamente. El cuarto, se efectuó 21 días después del tercero, y el quinto se realizó luego de la cosecha del experimento.

De estas figuras, se observa que el contenido de N inorgánico aumenta con la dosis nitrogenada

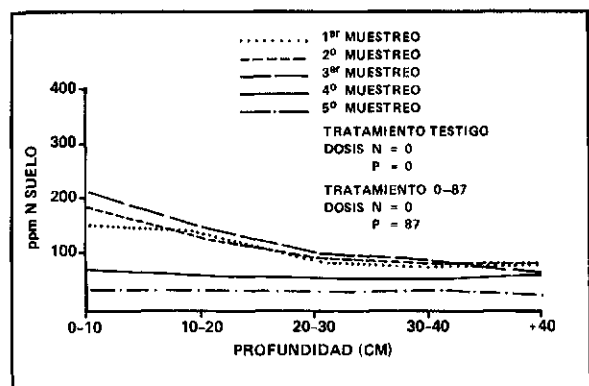


FIGURA 3. Contenido de N Inorgánico del suelo en profundidad, en diferentes épocas de muestreo (0 kg/ha de N y 200 kg/ha P_2O_5).

FIGURE 3. Inorganic nitrogen content of soil profile at different sampling dates.

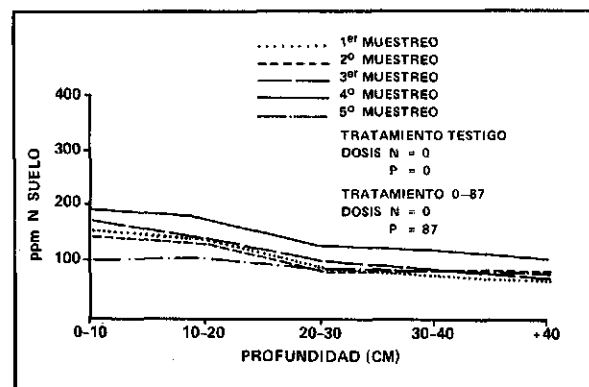


FIGURA 4. Contenido de N Inorgánico del suelo en profundidad, en diferentes épocas de muestreo (tratamiento testigo).

FIGURE 4. Inorganic nitrogen content of soil profile at different sampling dates.

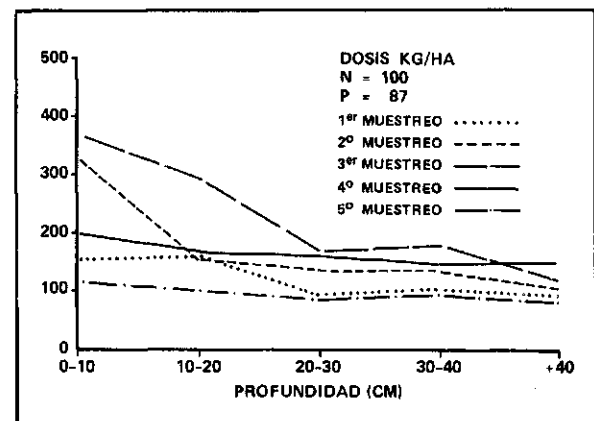


FIGURA 5. Contenido de N Inorgánico del suelo en profundidad, en diferentes épocas de muestreo (100 kg/ha de N y 200 kg/ha P_2O_5).

FIGURE 5. Inorganic nitrogen content of soil profile at different sampling dates.

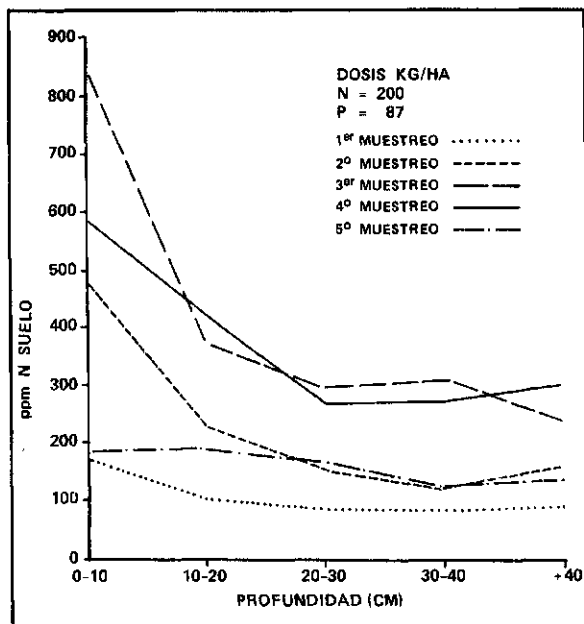


FIGURA 6. Contenido de N Inorgánico del suelo, en diferentes épocas de muestreo (200 kg/ha de N y 200 kg/ha de P_2O_5).

FIGURE 6. Inorganic nitrogen content of soil profile at different sampling dates.

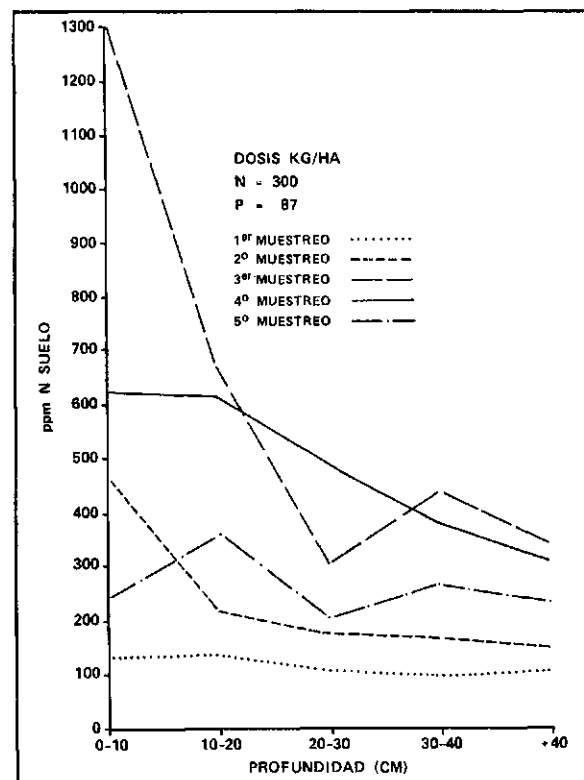


FIGURA 7. Contenido de N Inorgánico del suelo, en diferentes épocas de muestreo (300 kg/ha de N y 200 kg/ha de P_2O_5).

FIGURE 7. Inorganic nitrogen content of soil profile at different sampling dates.

empleada y que éste disminuye con la profundidad del suelo, en cada época de muestreo. También se observa que el contenido de nitrógeno disminuye fuertemente en el transcurso del tiempo, luego de la aplicación de los 2/3 de la dosis de N. Esto se aprecia, en particular, al comparar el tercer y quinto muestreo del suelo.

La situación observada en las figuras 3 a 7 podría indicar un movimiento de nitratos, en el perfil del suelo Vilcún y, a la vez, podría señalar pérdidas de éste en dicho perfil. En este experimento, no se estudió el problema del movimiento de nitratos y las posibles pérdidas de N desde el perfil. Sin embargo, ello sería conveniente estudiarlo en profundidad a futuro.

Eficiencia de recuperación del fósforo

En el Cuadro 5 se observa que, la eficiencia de recuperación del P, en cada nivel de N, disminuye con el aumento del nivel de fertilización fosfatada. Esto podría significar que el incremento de la dosis de fósforo, además de satisfacer los requerimientos de las plantas, conduciría a aumentar la cantidad de P retenido en el suelo, puesto que las necesidades reales de P de la planta, se satisfacerían con dosis de éste muy inferiores a las aplicadas. El contenido de P del suelo al final del experimento, es casi similar al contenido inicial. Ello avalaría las consideraciones efectuadas en relación a la retención del P en este suelo.

CONCLUSIONES

- El porcentaje de fósforo de las hojas y prolongaciones del tallos del repollo aumenta con el incremento de la dosis de fertilización fosfatada.
- El aumento de la dosis de fósforo en el suelo Vilcún, a cualquier dosis de nitrógeno, incrementa el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio del repollo.
- Las cantidades de nitrógeno y potasio absorbidas por las plantas, desde el suelo Vilcún, son elevadas y las de fósforo son reducidas. Sin embargo, este último cumple un rol esencial en la nutrición de esta planta y es necesario adicionarlo al suelo como fertilizante.
- El alto contenido de nitrógeno de las hojas del repollo y la ausencia de respuesta de las plantas a la fertilización nitrogenada, indicaría que éstas

CUADRO 5. Eficiencia de recuperación del P

TABLE 5. Phosphorus recovery efficiency

Tratamiento		Absorción de P kg/ha	Eficiencia de recuperación del P (%)
N kg/ha	P kg/ha		
0	0	2,07	-
0	44	7,42	12,3
0	87	9,65	8,7
0	131	12,22	7,7
0	175	12,65	6,1
100	0	2,58	-
100	44	7,42	11,1
100	87	9,63	8,1
100	131	12,67	7,7
100	175	11,75	5,3
200	0	2,58	-
200	44	7,54	11,4
200	87	9,89	8,4
200	131	11,51	6,8
200	175	14,90	7,1
300	0	2,70	-
300	44	6,80	9,4
300	87	10,21	8,6
300	131	12,28	7,3
300	175	13,20	6,0
400	0	2,59	-
400	44	8,67	13,9
400	87	10,75	9,3
400	131	11,56	6,8
400	175	13,14	6,0

recibieron un suministro adecuado de N desde el suelo, producto de mineralización de la fracción orgánica activa de ésta.

- El contenido de N inorgánico, en el perfil del suelo Vilcún, aumenta con el incremento de las dosis de nitrógeno aplicada y disminuye notoriamente con el aumento de la profundidad del suelo. Este contenido también se reduce apreciablemente en el transcurso del tiempo, luego de aplicar los 2/3 de la dosis de nitrógeno, en cada uno de los tratamientos investigados.
- La eficiencia de recuperación del fósforo, disminuye con el aumento del nivel de la fertilización fosfatada, en todos los niveles de fertilización nitrogenada.

RESUMEN

Se investigó el efecto de diferentes niveles de fertilización N-P (nitrógeno: 0, 100, 200, 300 y 400 kg/ha de N; fósforo: 0, 44, 87, 131 y 175 kg/ha de P) en la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de plantas de repollo cv. Mercado de Copenhague, trasplantadas sobre suelo Vilcún. Además, se determinó el contenido de N del suelo en diferentes niveles de N-P considerados. Los materiales y métodos empleados, se describieron, en general, en la parte I del trabajo.

Se observó que el porcentaje de fósforo de las hojas y prolongaciones del tallo aumentó con el incremento de la dosis de la fertilización fosfatada. Similar situación ocurrió con la absorción total de nitrógeno, fósforo y potasio de las plantas.

El alto contenido de nitrógeno de las hojas del repollo y la ausencia de respuesta de las plantas a la fertilización nitrogenada, indicaría que éstas recibieron

un adecuado suministro de N desde el suelo, probablemente, a partir de mineralización de la fracción orgánica activa.

También, se apreció que el contenido de N inorgánico, en el perfil del suelo Vilcún, aumentó con el incremento de la dosis de nitrógeno y disminuyó con el aumento de la profundidad del suelo en el transcurso del tiempo.

Por último, la eficiencia de recuperación del fósforo disminuyó notablemente con el aumento de las dosis de fertilización fosfatada en todos los niveles de fertilización nitrogenada.

Palabras claves: repollo, *Brassica oleraceae*, fertilización N-P, nitrógeno, fósforo, absorción N-P-K, eficiencia de recuperación de fósforo, contenido de nitrógeno del perfil del suelo.

LITERATURA CITADA

- HARA, T. and SONODA, Y. 1979a. The role of macronutrients for cabbage-head formation (Preliminary Report). Growth performance of a cabbage plant, and potassium nutrition in the plant. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 25(1): 103-111.
- HARA, T. and SONODA, Y. 1979b. The role of macronutrients for cabbage-head formation. I. Contribution to cabbage-head formation of nitrogen, phosphorus, or potassium supplied at different growth stages: *Soil Sci. Plant. Nutr.* 25(1): 113-120.
- HARA, T. and SONODA, Y. 1981. The role of macronutrients in cabbage-head formation. II. Contribution to cabbage-head formation of calcium, magnesium or sulfur supplied at different growth stages. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 27(1): 45-54.
- HARA, T., KISAWA, T. and SONODA, Y. 1981. The role of macronutrients in cabbage-head formation. III. Cabbage-head development as effected by nitrogen and light. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 27(2): 177-184.
- HARA, T. and SONODA, Y. 1982. Cabbage-head development as effected by nitrogen and temperature. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 28(1): 109-117.
- MONTENEGRO B., ADOLFO, BAHERLE V., PEDRO, LIZAMA A., NILO y MENDEZ A., EDITH. 1991. Efecto de diferentes niveles de fertilización N-P en repollo (*Brassica oleraceae* L., var. Capitata) trasplantado a un Andisol Vilcún. I. Rendimiento y tasa de crecimiento. *Agricultura Técnica (Chile)* 51: 227-232.
- PECK, N. H. 1981. Cabbage plant responses to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* 73: 679-684.
- RODRIGUEZ S., JOSE y SILVA E., HUGO. 1984a. Nitrógeno potencialmente mineralizable en Andisoles. *Ciencia e Investigación Agraria*. 11(1): 81-88.
- RODRIGUEZ S., JOSE y SILVA E., HUGO. 1984b. Estimación de la mineralización de N de los cultivos en suelos con distinto manejo. *Ciencia e Investigación Agraria* 11(1): 73-80.
- THOMAS, J.R., MANKEN, L.N. and BROWN, R.G. 1970. Yield of cabbage in relation to nitrogen and water supply. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95(6): 732-735.