

Variabilidad Genética de Mutantes de Trigo en la Absorción y Utilización de Fósforo¹

P. Barriga*, R. Fuentes*, P. Seemann*, N. Manquían*

ABSTRACT

There is considerable evidence of variation within species in the development of plants under adverse nutritional conditions. In this experiment 20 spring wheat mutants, selected from material irradiated in 1981 with 0.10 and 0.25 KGy, and five cultivars were evaluated in nutritive solutions. Phosphorus (P) was added in the form of KH_2PO_4 in concentrations of 0.75, 1.5, 3, 6 and 12 ppm of P. Plants were taken from the trays 42 days after their transplant. Data recorded were number of leaves, number of yellow leaves, number of tillers, number of roots, maximal length of roots and dry matter of shoots and roots. Dry matter values at the 6 ppm level was considered adequate for the evaluation and selection of more efficient P-uptake mutants. Based on this confidence limit, genotypes were grouped as inefficient, with total dry matter values below the confidence limits (≤ 4.58 g); moderately efficient with values within the confidence limits (4.59 to 4.65); and efficient with values above the confidence limits (> 4.66). Twenty-five percent of wheat mutants were most efficient for P-utilization. None of the five cultivars was outstanding for P-uptake.

COMPENDIO

Existen numerosas evidencias de variaciones entre y dentro de las especies, en la eficiencia de las plantas que se desarrollan en ambientes adversos y en sus necesidades de nutrientes. En esta investigación se evaluaron 20 mutantes de trigo de primavera, seleccionados del material irradiado en 1981, con 0.10 y 0.25 KGy, y cinco cultivares en soluciones nutritivas en ambiente controlado. El fósforo (P) fue adicionado en forma de KH_2PO_4 en dosis de 0.75, 1.5, 3, 6 y 12 ppm de P. A los 42 días después de trasplantadas las plantas a las bandejas, se midió su número de hojas, número de hojas amarillas, número de macollas, número de raíces, largo máximo de raíces y materia seca parte aérea, raíces y total. La mejor diferenciación entre los genotipos fue observada con los valores de materia seca total, en el nivel de 6 ppm de P, considerado adecuado para la evaluación y selección de mutantes más eficientes en la utilización de este elemento. Con base en el intervalo de confianza calculado para el valor de la media general de la materia seca total producida con 6 ppm de P, los genotipos fueron clasificados en: ineficientes, valores bajo el intervalo de confianza (≤ 4.58 g); medianamente eficientes, valores dentro del intervalo (4.59 a 4.65 g); y eficientes, valores por sobre el intervalo de confianza (≥ 4.66). El 25% de los mutantes de trigo fueron más eficientes en la utilización del fósforo y un 35% totalmente ineficientes. Ninguno de los cultivares analizados se destacó por su eficiencia para desarrollarse en ambiente nutricional adverso de P.

INTRODUCCION

El trigo es el principal cultivo anual en Chile. En los últimos años, ocupa una superficie aproximada de 600 000 ha, con un rendimiento unitario nacional de 2 440 kg/ha. En la región sur de Chile, llamada "Los Lagos" (39-44° L.S.) se destaca como el cultivo más importante en superficie y distribución geográfica nacional, representando un 10% del total de la superficie del país.

Esta región se caracteriza por presentar suelos con un pH ácido, altamente fijadores de fósforo, lo que encarece enormemente el costo del cultivo, por lo que se ha intensificado la búsqueda de nuevas tecnologías que posibiliten la obtención de alimentos con menor costo de producción.

Una alternativa sería aumentar la eficiencia de los fertilizantes y mejorar el manejo del suelo, lo que posibilita un mejor aprovechamiento de los nutrientes por las plantas, con un mínimo de pérdidas. La otra alternativa sería aprovechar al máximo el potencial de adaptación de los materiales vegetales a las condiciones adversas del suelo. Es decir, obtener material genético con mayor eficiencia en la absorción y utilización de nutrientes (5).

Al respecto, poca importancia se ha dado a los programas de mejoramiento genético que tienen como objetivo la obtención de materiales vegetales con mayor eficiencia en la absorción y utilización de nutrientes. Normalmente, los programas de mejoramiento genético han sido realizados en condiciones óptimas de fertilización, por lo que se hace necesario una reorientación de la estrategia del mejoramiento y selección de las plantas cultivadas.

Existen numerosas evidencias de variaciones entre especies y dentro de especies, en la eficiencia de las plantas a desarrollarse en ambientes nutricionales adversos y en sus necesidades de nutrientes (1, 2, 3, 8, 10).

¹ Recibido para publicación el 16 de mayo 1988.

Este trabajo es parte del Contrato de Investigación RC No. 4670/RB financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

* Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.

En este sentido, la variabilidad genética intraespecífica en la absorción y utilización del fósforo ha sido indicada, entre otros, por Palmer y Jessop (11) para trigo, Whiteaker *et al.* (13) para frijol, Clark y Brown (4) y Schenk y Baker (12) para maíz, Furlani *et al.* (7) para arroz, y Furlani (6) para sorgo.

El uso de la solución nutritiva en condiciones controladas para la selección de genotipos, en medios de crecimiento deficitarios de nutrientes, permite evaluar un gran número de plantas, con economía de espacio y de tiempo, y con absoluto control de la presión de selección aplicada a las plantas. Así, gran número de genotipos de arroz han sido identificados y clasificados en cuanto a su eficiencia de respuesta a condiciones de bajo nivel de fósforo (7, 9)

Además, las características agroedáficas de la región y la existencia de variación intraespecífica en la utilización de P, enfatizan la necesidad de obtener variedades de trigo para la zona sur de Chile, que requieran un mínimo de fertilización fosfatada para obtener una alta productividad, disminuyendo en 30% o más los costos directos del cultivo. El impacto que esto provocaría en la producción triguera de la zona sería enorme.

En consideración a lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar genotipos de trigo de primavera en cuanto a su eficiencia en la absorción y utilización de fósforo, en soluciones nutritivas deficitarias de este elemento.

MATERIALES Y METODOS

Este ensayo fue conducido en recipientes plásticos de 35 x 28 x 11 cm, con una capacidad de nueve litros, los cuales fueron exteriormente pintados de negro. En la parte superior de cada recipiente se colocó una tapa de plumavit de 3 cm de espesor. Esta tapa fue previamente horadada con 50 perforaciones de 2.5 cm de diámetro y adherida a su parte inferior, convirtiéndose en una malla plástica para afirmar las semillas y permitir el paso de las raíces.

Las semillas de trigo germinaron en papel filtro, y las plántulas con ocho días de edad fueron transplantadas a los recipientes (dos plantas/perforación), con solución nutritiva.

Los genotipos utilizados en este ensayo fueron 20 mutantes de trigo de primavera provenientes del material irradiado en 1981, y los cultivares Huenufén, Rancofén, Export, Austral y As.

La composición de la solución nutritiva utilizada consistió en las siguientes sales (g/litro): 8.895 de

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$; 0.737 de KNO_3 ; 1.712 de K_2SO_4 ; 0.608 de KCl ; 1.723 de $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$; 1.8×10^{-3} de $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$; 1.71×10^{-3} de H_3BO_3 ; 0.572×10^{-3} de $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$; 0.157×10^{-3} de $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$; 0.147×10^{-3} de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$; 1.731 de $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8$ (13%); y 1.211 de NH_4NO_3 .

El P fue adicionado en forma de KH_2PO_4 en las dosis de 0.75, 1.5, 3, 6 y 12 ppm.

El pH inicial de la solución fue ajustado para 5.0 ± 0.1 . Durante todo el experimento la solución nutritiva fue continuamente aireada a través de un sistema operado por bomba de diafragma. El volumen de los recipientes fue completado diariamente con agua destilada.

El experimento fue conducido en un diseño enteramente al azar, de 125 tratamientos (25 genotipos y cinco niveles de P), con cuatro repeticiones. Las condiciones en el invernadero, durante el período de crecimiento de las plantas, fueron temperatura promedio máxima de 21°C y temperatura promedio mínima de 12°C .

Cuadro 1. Número de hojas por planta de mutantes y cultivares de trigo de primavera en soluciones nutritivas con diferentes niveles de P (Promedio de cuatro repeticiones).

Genotipos	Niveles de P (ppm)				
	0.75	1.50	3.00	6.00	12.00
MS-6	4.63	5.38	5.75	7.00	8.25
MS-38	5.00	5.88	6.25	6.25	6.88
MS-62	4.38	5.25	5.75	6.00	6.00
MS-104	5.00	5.75	5.88	6.38	7.25
MS-117	4.50	5.50	5.88	6.25	7.25
MS-178	4.75	5.50	5.88	6.25	6.38
MS-205	4.75	6.13	6.13	7.00	8.25
MS-221	5.00	5.75	6.13	5.88	8.25
MS-257	4.25	5.63	6.25	6.38	8.25
MS-278	4.75	5.75	6.75	8.00	8.75
MS-309	4.25	5.88	6.13	6.63	6.75
MS-324	4.25	5.38	6.00	5.88	6.75
MS-340	4.25	5.38	5.88	6.38	6.25
MS-344	4.50	5.75	5.75	6.63	8.00
MS-378	4.50	5.50	5.75	6.00	6.75
MS-412	4.38	5.13	5.63	6.00	6.38
MS-457	4.38	5.75	6.00	6.00	6.63
MS-480	4.50	5.25	6.00	5.88	7.25
MS-493	4.25	5.75	6.50	5.75	6.75
MS-534	4.50	5.25	6.00	5.75	6.75
HUENUFEN	4.25	5.25	6.25	6.25	6.50
RANCOFEN	3.88	5.00	5.25	5.63	6.50
EXPORT	4.00	5.63	6.00	6.13	7.13
AUSTRAL	4.38	5.38	6.25	6.63	6.63
AS	4.00	5.13	5.50	6.13	6.13
Media	4.45	5.51	5.98	6.28	7.06

Cuadro 2. Número de hojas amarillas por planta de mutantes y cultivares de trigo de primavera en soluciones nutritivas con diferentes niveles de P (Promedio de cuatro repeticiones).

Genotipos	Niveles de P (ppm)				
	0.75	1.50	3.00	6.00	12.00
MS-6	1.63	2.50	2.38	2.00	1.50
MS-38	1.63	2.50	2.63	2.13	1.13
MS-62	1.50	2.38	2.38	1.13	1.38
MS-104	1.00	2.50	2.38	2.13	1.38
MS-117	1.75	2.50	2.38	2.25	1.13
MS-178	1.63	2.50	2.50	1.63	1.50
MS-205	1.25	2.50	2.25	1.25	1.25
MS-221	1.75	2.63	2.75	1.88	1.63
MS-257	1.13	2.63	2.25	1.50	1.50
MS-278	1.63	2.63	2.63	1.75	1.50
MS-309	1.38	2.50	2.13	1.25	0.75
MS-324	1.25	2.50	2.88	1.88	1.25
MS-340	2.00	2.38	2.38	1.13	1.13
MS-344	1.75	2.63	2.25	1.63	1.13
MS-378	1.88	2.50	2.50	1.50	1.13
MS-412	1.75	2.50	2.25	2.00	1.50
MS-457	1.88	2.50	2.50	2.00	1.25
MS-480	1.75	2.50	2.75	1.50	0.88
MS-493	1.88	2.75	2.88	2.00	1.25
MS-534	1.63	2.25	2.50	1.63	1.25
HUENUFEN	1.75	2.50	2.25	1.75	1.38
RANCOFEN	1.75	2.38	2.25	2.13	1.75
EXPORT	1.63	2.75	2.50	2.25	1.50
AUSTRAL	1.38	2.50	2.25	1.38	1.38
AS	1.13	2.38	2.00	1.38	1.13
Media	1.58	2.51	2.43	1.72	1.30

Las plantas fueron recolectadas a los 42 días después del trasplante, lavadas con agua destilada y separadas en la parte aérea y en las raíces. Se determinó en cada planta el número de hojas, el número de hojas amarillas, el número de macollas, el número de raíces y el largo máximo de raíces. A continuación, las plantas fueron llevadas a secado, en una estufa de circulación de aire forzado a 60°C por 72 horas, obteniéndose el peso de la parte aérea y de las raíces, expresado en gramos de materia seca producida.

Los valores obtenidos para los distintos caracteres evaluados fueron sometidos al análisis de variancia. Además, se efectuó un análisis de correlación simple entre la materia seca total producida y los otros factores analizados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en este ensayo, con dosis crecientes de P en solución nutritiva, se presentan en los Cuadros 1 al 8. El análisis de variancia mostró di-

Cuadro 3. Número de macollas por planta de mutantes y cultivares de trigo de primavera en soluciones nutritivas con diferentes niveles de P (Promedio de cuatro repeticiones).

Genotipos	Niveles de P (ppm)				
	0.75	1.50	3.00	6.00	12.00
MS-6	1.00	1.00	1.00	1.38	1.75
MS-38	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13
MS-62	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13
MS-104	1.00	1.00	1.00	1.25	1.38
MS-117	1.00	1.00	1.00	1.00	1.63
MS-178	1.00	1.00	1.00	1.25	1.13
MS-205	1.00	1.00	1.00	1.38	1.88
MS-221	1.00	1.00	1.13	1.00	1.63
MS-257	1.00	1.00	1.13	1.25	1.88
MS-278	1.00	1.00	1.13	1.50	1.88
MS-309	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25
MS-324	1.00	1.00	1.00	1.00	1.38
MS-340	1.00	1.00	1.00	1.13	1.00
MS-344	1.00	1.00	1.00	1.00	1.38
MS-378	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
MS-412	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13
MS-457	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
MS-480	1.00	1.00	1.00	1.00	1.63
MS-493	1.00	1.00	1.25	1.00	1.25
MS-534	1.00	1.00	1.13	1.00	1.63
HUENUFEN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13
RANCOFEN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
EXPORT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
AUSTRAL	1.00	1.00	1.00	1.25	1.13
AS	1.00	1.00	1.00	1.25	1.13
Media	1.00	1.00	1.03	1.11	1.38

ferencias altamente significativas entre los genotipos y los diferentes niveles de P para las variables analizadas (Cuadro 9).

En el Cuadro 1 se puede apreciar que a medida que aumentó el P en la solución nutritiva, hubo un mayor desarrollo de la planta, expresado en incremento gradual del número de hojas por planta.

Las plantas severamente deficientes en P, en los niveles de 0.75, 1.5 y 3 ppm presentaron un mayor número de hojas amarillas (Cuadro 2) y no macollaron (Cuadro 3). El macollamiento de las plantas sólo tuvo inicio a partir del nivel de 6 ppm de P, mostrando que los valores de macolla no reflejan variaciones en las respuestas de las plantas a concentraciones menores de fósforo.

El sistema radical también se vio afectado por las diferentes concentraciones de P. Así, el número de raíces incrementó con el aumento de la concentración de P hasta 3 ppm, reduciéndose en concentraciones

Cuadro 4. Número de raíces por planta de mutantes y cultivares de trigo de primavera en soluciones nutritivas con diferentes niveles de P (Promedio de cuatro repeticiones).

Genotipos	Niveles de P (ppm)				
	0.75	1.50	3.00	6.00	12.00
MS-6	7.88	8.50	10.63	9.88	8.50
MS-38	8.38	8.63	10.38	9.00	8.88
MS-62	8.00	9.75	10.63	8.25	7.38
MS-104	8.75	9.63	9.13	8.13	6.63
MS-117	7.38	9.38	11.50	9.00	8.50
MS-178	8.13	9.63	10.38	8.13	7.13
MS-205	7.75	10.00	12.25	9.50	8.00
MS-221	8.88	10.25	10.00	8.63	7.88
MS-257	7.00	9.13	11.00	9.00	8.50
MS-278	8.00	9.38	10.63	9.88	6.88
MS-309	9.00	9.63	11.38	9.88	6.00
MS-324	7.75	10.88	11.13	7.88	6.50
MS-340	7.75	7.38	10.63	8.25	5.38
MS-344	7.50	7.88	10.50	8.63	8.25
MS-378	7.25	8.00	9.38	7.50	6.25
MS-412	7.13	8.63	11.50	8.75	7.13
MS-457	7.25	8.25	11.13	8.00	7.00
MS-480	8.00	9.00	8.88	8.38	6.25
MS-493	7.75	8.25	9.25	8.38	6.50
MS-534	7.13	10.25	9.63	8.25	7.75
HUENUFEN	7.50	7.00	9.63	7.63	7.25
RANCOFEN	7.50	9.50	9.88	7.38	7.00
EXPORT	7.38	9.00	11.88	8.88	7.75
AUSTRAL	8.00	8.63	11.00	8.50	7.25
AS	6.38	9.25	8.75	8.38	6.88
Media	7.74	9.03	10.44	8.56	7.25

mayores (Cuadro 4). El largo máximo del sistema radical promedio se expresó en los niveles extremos, es decir, con 0.75 y 12 ppm de P (Cuadro 5). Esto indicaría que la planta, como respuesta a un nivel deficitario de P, alarga y aumenta el número de raíces; a mayores concentraciones su sistema radical se redecía.

Las variaciones observadas en el desarrollo del sistema radical y de la parte aérea de las plantas fueron reflejadas en el peso de la materia seca de esas partes (Cuadros 6 al 8). La materia seca total producida estuvo significativamente correlacionada con la materia seca de la parte aérea, $r = 0.919$ y con la parte radical, $r = 0.694$.

En el Cuadro 9 se puede apreciar que hubo diferencias altamente significativas entre los genotipos en las concentraciones de 6 y 12 ppm de P, sólo para el número de hojas/planta y materia seca parte aérea, raíces y total. Esto muestra que se podría utilizar cualquiera de estos parámetros para diferenciar la res-

puesta genotípica a la utilización del P por las plantas de trigo, en estas concentraciones.

Sin embargo, la mejor diferenciación entre los genotipos fue observada con los valores de materia seca total, en el nivel de 6 ppm de P, nivel considerado adecuado para la evaluación y selección de genotipos de trigo más eficientes en la utilización de P, como se puede observar en la Fig. 1. En este sentido, Furlani *et al.* (7) también observaron que la mejor diferenciación de genotipos de arroz fue con los valores de materia seca total, con concentraciones equivalentes a 3.8 ppm de P.

Como la prueba de Tukey es muy rigurosa para la comparación de un gran número de medias, a los valores de la materia seca producida se aplicó la distribución de "t" medias y se calculó el intervalo de confianza para el valor de la media general con 99% de probabilidad, para 24 grados de libertad: $X \pm t(0.01; 24) s(\bar{x})$. Con base en este intervalo de confianza, los

Cuadro 5. Largo máximo de raíces (cm) de mutantes y cultivares de trigo de primavera en soluciones nutritivas con diferentes niveles de P (Promedio de cuatro repeticiones).

Genotipos	Niveles de P (ppm)				
	0.75	1.50	3.00	6.00	12.00
MS-6	24.75	9.88	10.88	18.50	23.00
MS-38	24.63	10.88	12.00	19.50	24.63
MS-62	22.63	10.38	11.38	17.75	24.38
MS-104	24.75	10.25	13.00	17.50	21.13
MS-117	22.88	11.13	10.50	19.25	24.38
MS-178	21.75	8.88	10.00	18.13	23.63
MS-205	17.88	9.38	13.75	18.38	22.63
MS-221	26.13	11.13	9.38	16.25	23.88
MS-257	17.38	9.88	10.38	18.25	21.50
MS-278	22.63	10.25	10.50	17.13	23.00
MS-309	21.75	12.13	12.25	21.00	24.13
MS-324	20.63	9.00	10.00	16.50	21.38
MS-340	16.13	10.38	11.63	13.50	17.13
MS-344	18.25	12.38	12.88	16.38	20.63
MS-378	19.25	9.88	12.50	15.13	21.00
MS-412	17.75	10.25	11.75	16.75	20.75
MS-457	19.13	11.63	11.38	16.25	18.50
MS-480	19.63	13.88	11.25	18.50	21.38
MS-493	18.63	12.25	11.88	16.38	19.00
MS-534	22.25	14.50	11.75	17.25	23.88
HUENUFEN	17.25	11.38	11.38	18.75	18.75
RANCOFEN	15.13	12.50	12.13	14.50	23.78
EXPORT	19.75	10.63	10.63	16.38	19.25
AUSTRAL	22.63	12.50	12.63	20.38	22.88
AS	23.25	12.63	11.38	18.28	24.38
Media	20.65	11.12	11.49	17.46	21.96

Cuadro 6. Materia seca parte aérea (g/planta) de mutantes y cultivares de trigo de primavera en soluciones nutritivas con diferentes niveles de P (Promedio de cuatro repeticiones).

Genotipos	Niveles de P (ppm)				
	0.75	1.50	3.00	6.00	12.00
MS-6	2.28	2.33	2.36	2.47	2.41
MS-38	2.32	2.33	2.35	2.37	2.42
MS-62	2.27	2.32	2.36	2.32	2.37
MS-104	2.28	2.32	2.32	2.34	2.33
MS-117	2.27	2.33	2.38	2.34	2.43
MS-178	2.29	2.31	2.34	2.36	2.42
MS-205	2.30	2.37	2.43	2.44	2.48
MS-221	2.28	2.33	2.31	2.34	2.47
MS-257	2.26	2.34	2.38	2.40	2.45
MS-278	2.28	2.34	2.35	2.38	2.41
MS-309	2.27	2.35	2.37	2.40	2.36
MS-324	2.27	2.31	2.38	2.33	2.34
MS-340	2.27	2.32	2.37	2.34	2.31
MS-344	2.27	2.36	2.32	2.45	2.42
MS-378	2.27	2.30	2.33	2.35	2.40
MS-412	2.30	2.30	2.35	2.35	2.40
MS-457	2.28	2.29	2.29	2.35	2.38
MS-480	2.34	2.32	2.35	2.38	2.40
MS-493	2.27	2.30	2.30	2.33	2.39
MS-534	2.26	2.33	2.34	2.35	2.44
HUENUFEN	2.25	2.31	2.34	2.38	2.36
RANCOFEN	2.27	2.33	2.35	2.35	2.42
EXPORT	2.26	2.34	2.37	2.38	2.45
AUSTRAL	2.30	2.31	2.38	2.39	2.40
AS	2.28	2.35	2.35	2.34	2.47
Media	2.28	2.33	2.35	2.37	2.41

genotipos fueron clasificados (Cuadro 10) en ineficientes (I), valores bajo el intervalo de confianza (≤ 4.58 g); medianamente eficientes (ME), valores dentro del intervalo de confianza (4.59 a 4.65); eficientes (E), valores por sobre el intervalo de confianza (≥ 4.66 g).

Los mejores mutantes de trigo, esto es, los más eficientes en la utilización de P, fueron MS-38, MS-309, MS-305, MS-6 y MS-344. Ninguno de los cultivares de trigo analizados se destacó por su eficiencia en la utilización del P.

Los resultados que aparecen en el Cuadro 10 muestran que esta técnica para evaluar genotipos de trigo más eficientes en la absorción y utilización de P en solución nutritiva, con nivel de P de 6 ppm, permitió diferenciar los materiales genéticos mediante la materia seca producida por planta. Por otra parte, indican que existe suficiente variabilidad genética intraespecífica en el material de trigo analizado, similar a lo señalado por Palmer y Jessop (11).

Esto permitirá evaluar, a corto plazo, todo el material mutante seleccionado ya obtenido en el Programa de Mejoramiento de Trigo por Mutación Inducida, e iniciar en la generación M_2 o M_3 una selección de mutantes para eficiencia en la utilización de P.

Cuadro 7. Materia seca de las raíces (g/planta) de mutantes y cultivares de trigo de primavera en soluciones nutritivas con diferentes niveles de P (Promedio de cuatro repeticiones).

Genotipos	Niveles de P (ppm)				
	0.75	1.50	3.00	6.00	12.00
MS-6	2.29	2.23	2.27	2.28	2.36
MS-38	2.29	2.24	2.28	2.30	2.26
MS-62	2.27	2.22	2.26	2.22	2.21
MS-104	2.29	2.23	2.24	2.23	2.21
MS-117	2.24	2.24	2.25	2.25	2.25
MS-178	2.28	2.23	2.26	2.25	2.25
MS-205	2.26	2.24	2.28	2.26	2.28
MS-221	2.27	2.24	2.25	2.23	2.24
MS-257	2.24	2.25	2.24	2.25	2.28
MS-278	2.27	2.24	2.23	2.25	2.24
MS-309	2.25	2.25	2.25	2.27	2.22
MS-324	2.27	2.24	2.27	2.22	2.23
MS-340	2.23	2.22	2.25	2.24	2.24
MS-344	2.24	2.25	2.25	2.32	2.32
MS-378	2.24	2.24	2.24	2.26	2.26
MS-412	2.25	2.23	2.25	2.25	2.25
MS-457	2.27	2.23	2.27	2.23	2.24
MS-480	2.31	2.25	2.25	2.25	2.25
MS-493	2.24	2.24	2.26	2.24	2.26
MS-534	2.25	2.26	2.24	2.25	2.26
HUENUFEN	2.25	2.23	2.24	2.25	2.25
RANCOFEN	2.24	2.24	2.25	2.22	2.25
EXPORT	2.27	2.23	2.25	2.24	2.25
AUSTRAL	2.27	2.22	2.26	2.24	2.27
AS	2.25	2.24	2.25	2.30	2.29
Media	2.26	2.24	2.25	2.25	2.26

Cuadro 8. Materia seca producida (g/planta) por mutantes y cultivares de trigo de primavera en soluciones nutritivas con diferentes niveles de P (Promedio de cuatro repeticiones).

Genotipos	Niveles de P (ppm)				
	0.75	1.50	3.00	6.00	12.00
MS-6	4.57	4.55	4.63	4.75	4.77
MS-38	4.60	4.57	4.63	4.67	4.68
MS-62	4.55	4.55	4.62	4.54	4.58
MS-104	4.57	4.55	4.56	4.57	4.54
MS-117	4.51	4.57	4.63	4.59	4.67
MS-178	4.57	4.54	4.61	4.61	4.67
MS-205	4.56	4.61	4.71	4.70	4.76
MS-221	4.55	4.57	4.56	4.57	4.71
MS-257	4.50	4.59	4.62	4.65	4.73
MS-278	4.55	4.59	4.59	4.63	4.65
MS-309	4.52	4.60	4.62	4.67	4.58
MS-324	4.55	4.55	4.65	4.55	4.58
MS-340	4.50	4.55	4.61	4.58	4.55
MS-344	4.51	4.61	4.57	4.77	4.75
MS-378	4.51	4.53	4.57	4.61	4.66
MS-412	4.55	4.53	4.61	4.60	4.65
MS-457	4.55	4.52	4.56	4.58	4.63
MS-480	4.60	4.57	4.60	4.63	4.65
MS-493	4.51	4.54	4.56	4.57	4.66
MS-534	4.51	4.59	4.58	4.60	4.69
HUENUFEN	4.50	4.55	4.58	4.63	4.61
RANCOFEN	4.57	4.58	4.60	4.57	4.66
EXPORT	4.53	4.57	4.62	4.62	4.70
AUSTRAL	4.57	4.54	4.64	4.63	4.67
AS	4.53	4.59	4.61	4.64	4.75
Media	4.54	4.56	4.60	4.62	4.66

Cuadro 9. Significación de los cuadrados medios de las variables agronómicas de genotipos de trigo (G) en soluciones nutritivas con diferentes concentraciones de P (C).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios							
		Hojas/planta	Hojas amarillas	Macolla/planta	Raíces/planta	Larg. max. raíces	MS aérea	MS raíces	MS total
Tratamientos:	124	**	**	**	**	**	**	**	**
C	4	**	**	**	**	**	**	**	**
G/C 0.75	24	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns
G/C 1.50	24	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
G/C 3.00	24	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
G/C 6.00	24	**	*	*	ns	ns	**	**	**
G/C 12.00	24	**	ns	**	ns	**	**	**	**

ns: no significativo; * y **: significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Cuadro 10. Clasificación de los mutantes y cultivares de trigo con base en la materia seca total producida a los 42 días en solución nutritiva con 6 ppm de P.

Genotipos	Materia seca (g/planta)			Clasificación
	Parte aérea	Raíces	Total	
MS-62	2.32	2.22	4.54	I
MS-324	2.33	2.22	4.55	I
MS-104	2.34	2.23	4.57	I
MS-221	2.34	2.23	4.57	I
MS-493	2.33	2.24	4.57	I
RANCOFEN	2.35	2.22	4.57	I
MS-340	2.34	2.24	4.58	I
MS-457	2.35	2.23	4.58	I
MS-117	2.34	2.25	4.59	ME
MS-412	2.35	2.25	4.60	ME
MS-534	2.35	2.25	4.60	ME
MS-178	2.36	2.25	4.61	ME
MS-378	2.35	2.26	4.61	ME
EXPORT	2.38	2.24	4.62	ME
MS-278	2.38	2.25	4.63	ME
MS-480	2.38	2.25	4.63	ME
HUENUFEN	2.38	2.25	4.63	ME
AUSTRAL	2.39	2.24	4.63	ME
AS	2.34	2.30	4.64	ME
MS-257	2.40	2.25	4.65	ME
MS-38	2.37	2.30	4.67	E
MS-309	2.40	2.27	4.67	E
MS-205	2.44	2.26	4.70	E
MS-6	2.47	2.28	4.75	E
MS-344	2.45	2.32	4.77	E
C.V. %	2.33	1.40	1.68	
Intervalo de confianza	2.35 ± 0.02	2.25 ± 0.02	4.62 ± 0.04	

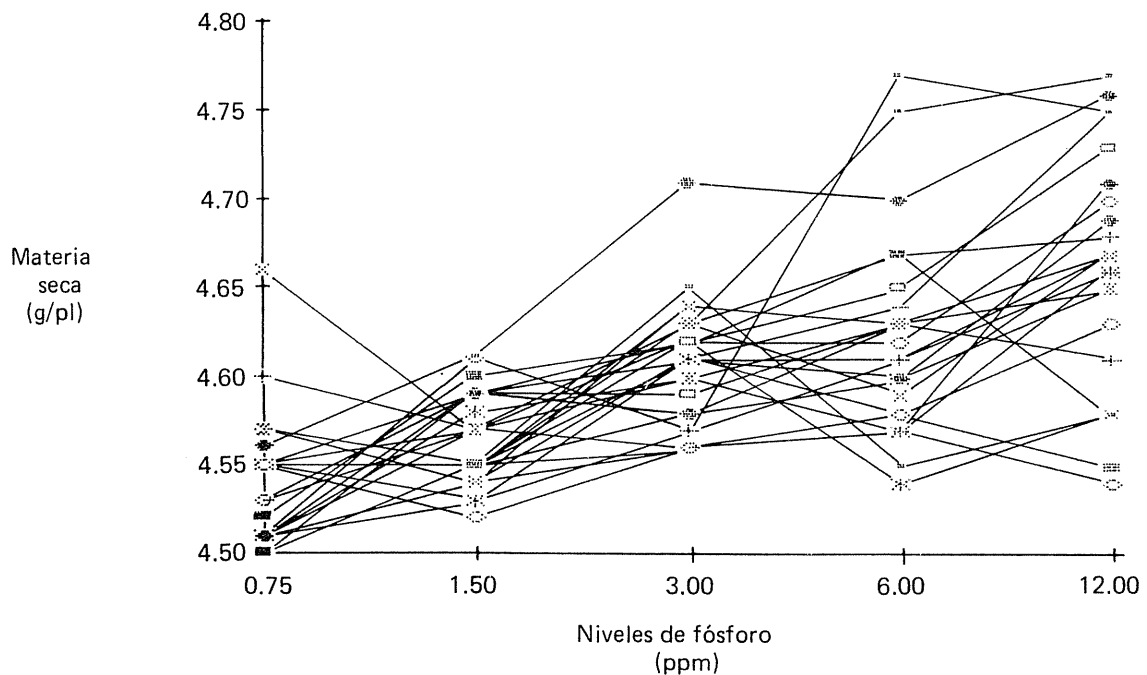


Fig. 1. Materia seca producida por veinticinco genotipos de trigo en función de niveles crecientes de P en solución nutritiva.

LITERATURA CITADA

1. BAKER, D.E.; JARREL, A.E.; MARSHALL, L.E.; THOMAS, N.I. 1970 Phosphorus uptake from soils by corn hybrids selected for high and low phosphorus accumulation. *Agronomy Journal* 62: 103-106
2. CLARK, R.B. 1982. Plant response to mineral element toxicity and deficiency. In *Breeding Plants for Less Favorable Environments*. Ed. by Christiansen, M.N.; Lewis, C.F. New York, Wiley and Sons p. 71-142
3. CLARK, R.B.; BROWN, J.C. 1974. Differential mineral uptake by maize inbreds. *Communications on Soil Science and Plant Analyses* 5:213-227
4. CLARK, R.B.; BROWN, J.C. 1974. Differential phosphorus uptake by P stressed corn inbreds. *Crop Science* 14:505-508.
5. DEVINE, I.E. 1982. Genetic fitting of crops to problem soils. In *Breeding Plants for Less Favorable Environments*. Ed. by Christiansen, M.N.; Lewis, C.F. New York, Wiley and Sons p. 143-173.
6. FURLANI, A.M.C. 1981. Differences in phosphorus uptake distribution and use by sorghum genotypes grown with low phosphorus. Ph.D. Thesis Lincoln, University of Nebraska. 103 p.
7. FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; AZZINI, L.E.; CAMARGO, B.A. 1983. Avaliação de genótipos de arroz quanto a eficiência na utilização de fósforo em solução nutritiva e em solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7:291-303.
8. GERLOFF, G.C. 1976. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium. In *Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils*. Ed. by Wright, M.J. Ithaca, New York, Cornell University Agricultural Experimental Station. p. 161-173.
9. IRRI. 1977. Tolerance for adverse soils. Phosphorus deficiency. In *Annual Report. Genetics and Utilization Program*. Los Baños, Philippines. p. 125.
10. LONERAGAN, J.F. 1978. The physiology of plant tolerance to low phosphorus availability. In *Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions*. Ed. by Jung, G.A. Madison, American Society of Agronomy Special Publication no. 32 p. 329-345.
11. PALMER, B.; JESSOP, R.S. 1977. Some aspects of wheat cultivar response to applied phosphate. *Plant and Soil* 47:63-73.
12. SCHENK, M.K.; BAKER, S.A. 1979. Phosphate uptake by corn as affected by soil characteristics and root morphology. *Soil Science Society of America Journal* 43:880-883.
13. WHITEAKER, G.; GERLOFF, G.C.; GABELMANN, W.H.; LINDGREN, D. 1976. Intraspecific differences in growth of beans at stress levels phosphorus. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101:472-475.