

ALGUNOS PARAMETROS FISIOLÓGICOS DE CUATRO VARIEDADES DE TRIGO DE PRIMAVERA (*Triticum aestivum* L.) EN SIMBIOSIS CON HONGOS DE LAS MICORRIZAS VESÍCULO-ARBUSCULARES¹

Some physiological parameters of four spring wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) in symbiosis with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi

Rosa Rubio H.², Carlos Castillo R.², Elvira Moraga P.² y Fernando Borie B.²

SUMMARY

An experiment for studying the influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) infection in some physiological parameters of four spring wheat genotypes during various stages of growth was carried out. Plants of Carahue-INIA, Dalcahue-INIA, Malihue-INIA and Naofén wheat genotypes were grown in pots with volcanic soil under greenhouse and 0 and 131 kg P/ha additions as triple super phosphate (TSP) and rock phosphate were essayed simultaneously. Whole plants were harvested at 21, 42, 63, 84 and 96 days. VAM % of infection, total root length, infected root length and dry matter of shoots and roots were evaluated.

Results showed that P-fertilizer, especially TSP enhanced VAM infection in all cultivars being the highest Carahue-INIA and Naofén (45.0 and 44.3%, respectively). On the other hand, in Carahue-INIA genotype both infection and the other parameters had reached the maximum at 63 days, showing the effectiveness of VAM symbiosis in this cultivar. Finally, results showed that at 21 days in the treatments without P-addition Naofén had reached the 70% of its total root length of which 30% had already been infected. This finding suggest that Naofén would be the less dependent to P-fertilization of the four cultivars essayed.

Key words: VA mycorrhiza, wheat, root length.

INTRODUCCION

En los suelos volcánicos de la IX Región de Chile se siembran comúnmente diversos cultivares de trigo de primavera (*Triticum aestivum* L.), los que están sometidos a factores tanto edáficos como climáticos y que pueden condicionar seriamente su productividad. Dentro de las limitantes cabe mencionar, entre otras, la alta capacidad de fijación de P que poseen estos suelos y la baja pluviometría que, en ocasiones, se presenta en estas regiones. Parte de estas limitantes pueden ser sustancialmente superadas mediante la adecuada utilización de fertilizantes. Sin embargo, es un hecho conocido que la eficiencia de los fertilizantes fosforados puede verse favorecida a través de la preservación y estimulación de una simbiosis natural que ocurre en los suelos, denominada "micorriza" (Barea y Azcón-Aguilar, 1983).

Las micorizas vesículo-arbusculares (MVA) son una simbiosis mutualística entre hongos y raíces de plantas superiores, en la cual la planta suministra fotosintatos al

hongo, además de un nicho ecológico contra los antagonismos microbianos de la "rizósfera" y el hongo, en cambio, ayuda a la planta a absorber nutrientes poco móviles del suelo, especialmente P (Bieliski, 1973; Cooper y Tinker, 1981; Hayman, 1983). Más antecedentes sobre los beneficios que provoca la MVA a las plantas hospederas, se han informado en un trabajo reciente (Borie, 1986).

Otros autores han demostrado que las plantas que crecen en condiciones de estrés hídrico, son más tolerantes a medida que la extensión del sistema radical aumenta, a pesar de las bajas condiciones de humedad del suelo (Townely-Smith y Hurd, 1978; Kuruvadi y Townely-Smith, 1988). Este efecto también se ha asociado a la mayor capacidad de exploración del suelo y al aumento de la superficie radical producido por el sistema hifal de las micorizas (Nelsen y Safir, 1982).

Debido a la carencia de antecedentes bibliográficos específicos y a la necesidad creciente de una mayor productividad de trigo, es importante la investigación acerca de la ocurrencia y cuantía de la infección por hongos micorrizógenos, así como también los parámetros fisiológicos asociados a la raíz de los principales genotipos utilizados en esta Región.

¹Recepción de originales: 19 de marzo de 1990.

Financiado parcialmente por proyectos FONDECYT 221-89 y DIUFRO 8808.

²Universidad de la Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

La presente investigación se llevó a efecto con el objeto de examinar la variación de la longitud de raíz, el peso de la parte aérea, el peso radical y su relación con el porcentaje de infección por hongos micorrizógenos en los diversos estadios de crecimiento de cuatro variedades de trigo de primavera. Las variedades utilizadas fueron: Carahue-INIA, Dalcahue-INIA, Malihue-INIA y Naofén, cultivados bajo invernadero, en un suelo volcánico con y sin aplicación de P como fertilizante.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Universidad de la Frontera, Temuco, durante la primavera de 1987. Para ello se sembró en condiciones de invernadero, cuatro genotipos de trigo de primavera (*T. aestivum* L.), desarrollados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA): Carahue-INIA, Dalcahue-INIA, Malihue-INIA y Naofén. El experimento consistió en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones, utilizando dos niveles de P como fertilizante: O y el equivalente a 131 kg de P/ha, bajo la forma de superfosfato triple (SFT) y roca fosfórica (RF) Boyacá.

El suelo utilizado fue un Andisol típico, recolectado entre 10 y 30 cm de profundidad, tamizado por 2 mm (pH 5,4; materia orgánica 11,7%; P-disponible 11 µg/g; P-orgánico 1.225 µg/g; P-total 2.250 µg/g) y con un contenido medianamente alto de inóculo natural de hongos micorrizógenos (2.572 esporas/100 g suelo seco), especialmente de los géneros *Glomus* y *Acaulospora*.

En cada maceta se colocó 0,7 kg de suelo, se sembraron tres semillas pre-germinadas de cada genotipo y cinco días después de la emergencia, se raleó, conservando una plántula por maceta. A la semana, se aplicó una fertilización básica nitrogenada y durante todo el experimento se mantuvo la humedad del suelo mediante riego por capilaridad. Quincenalmente se añadió a cada maceta 10 ml de una solución nutritiva, exenta de P.

Las plantas enteras se cosecharon a los 21, 42, 63, 84 y 96 días, correspondientes a algunos estadios de la ontogénesis del trigo (macollamiento, embuchamiento, floración, estado masoso y madurez, de acuerdo a la escala de Zadoks, modificada por Tottman y Makepeace, 1979), bajo un chorro suave de agua para conservar todo el sistema radical intacto. Una porción pesada de raíz se clarificó con KOH durante tres días y se tiñó con azul de tripán al 0,05%, en ácido láctico sin calor (Smith y Bowen, 1979). El resto de la raíz y parte aérea, se mantuvieron en estufa a 60°C hasta peso constante.

Los parámetros cuantificados fueron: peso seco de raíz y parte aérea, longitud total de raíz y porción infectada de la misma. Estas dos últimas medidas, se realizaron según el método del intercepto de líneas, usando una rejilla de dimensiones conocidas y observando la infección por MVA de las raíces teñidas con azul de tripán bajo una lupa estereoscópica Nikon tipo 102 (Giovannetti y Mosse, 1980; Sieverding y Howeler, 1985).

En el tratamiento estadístico de los datos se aplicó, primero, la prueba de Shapiro y Wilk (1965), para verificar normalidad. Los porcentajes de infección (% I) se transformaron en valores arcoseno. Para los otros resultados, se usó la transformación $1/x^c$ (donde x = variable y $c = 2-5$); luego se efectuó un análisis de variancia y, finalmente, se aplicó la Prueba de Duncan (Duncan, 1955).

Debido a que en el análisis de las variables longitud total de raíz y longitud de raíz infectada, no se encontró normalidad, se usaron pruebas estadísticas no paramétricas, como es el método de comparación múltiple de Wilcoxon y Wilcox (1964).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se observa claramente que, a pesar de la diversidad de respuestas, las cuatro variedades presentaron un aumento en el % I por MVA desde la germinación, durante el período juvenil y hasta los 63 días, aunque en los tratamientos existen diferencias en el tiempo, en que esta variable logra alcanzar el valor máximo. Así, en la variedad Naofén, a comienzos del período juvenil (21 días), se consignó diferencias significativas entre los tres tratamientos ($P \leq 0,05$); además, la infección fue mayor en el tratamiento sin P soluble que con P soluble. Sin embargo, en los genotipos Carahue-INIA y Malihue-INIA, solamente se observaron diferencias significativas del %I, entre dos de ellos: SFT y RF. Por el contrario, en Dalcahue-INIA no hubo diferencia significativa, aunque se observó un porcentaje levemente mayor en el tratamiento con RF.

Por otra parte, la menor infección lograda con P soluble a los 21 días podría deberse a un efecto inhibitorio del P sobre los hongos MVA durante esta primera etapa. Sin embargo, este efecto inicial desapareció posteriormente, produciéndose un mayor porcentaje de raíz infectada en los tratamientos con SFT durante el resto de los estadios de crecimiento (42, 63, 84 y 96 días); no obstante lo anterior, es un hecho conocido de que el avance de la infección y desarrollo hifal externo, está relacionado a niveles relativamente bajos de P soluble en el suelo y, más concretamente, al contenido o concentración de P en los tejidos vegetales (Schwab, Menge y Leonard, 1983; Gianinazzi-Pearson y

CUADRO 1. Porcentaje de infección (% I) por micorrizas vesículo- arbusculares (MVA) y su relación raíz/parte aérea (R/S), con respecto al tiempo, en cuatro genotipos de trigo primaveral y su relación con P-fertilizante

TABLE 1. Percentage of root VAM infection and root-shoot ratio (R/S) of four spring wheat genotypes during various stages of growth as affected by P-fertilizer addition

Variedad y tiempo (días)	Porcentaje infección (% I)			Relación raíz/parte aérea (R/S)		
	-P	SFT	RF	-P	RFT	RF
Carahue-INIA						
21	5,4 ab	3,4 b	6,3 a	0,516 b	0,744 a	0,592 b
42	11,7 a	17,0 a	12,0 a	0,562 a	0,519 a	0,530 a
63	19,0 b	45,0 a	10,7 b	0,563 a	0,239 b	0,564 a
84	21,2 b	36,6 a	22,5 b	0,350 a	0,156 b	0,297 ab
96	13,9 b	35,4 a	10,7 b	0,342 a	0,177 b	0,331 a
Dalcahue-INIA						
21	4,0 a	3,8 a	4,2 a	0,596 b	0,690 a	0,664 a
42	8,9 b	21,8 a	10,4 b	0,678 a	0,607 b	0,666 a
63	15,2 b	37,3 a	17,3 b	0,774 a	0,381 b	0,460 b
84	22,1 b	35,1 a	15,6 c	0,504 a	0,208 b	0,452 a
96	10,4 b	33,5 a	15,8 b	0,410 a	0,257 b	0,442 a
Malihue-INIA						
21	4,2 ab	3,1 b	5,9 a	0,648 a	0,681 a	0,628 a
42	6,4 c	18,9 a	9,8 b	0,528 a	0,360 b	0,594 a
63	14,8 b	31,1 a	9,9 c	0,409 b	0,234 c	0,652 a
84	14,7 b	25,0 a	13,6 b	0,250 ab	0,196 b	0,319 a
96	14,3 b	36,2 a	14,9 b	0,252 b	0,207 b	0,277 a
Naofén						
21	8,6 a	2,8 c	6,5 b	0,505 b	0,705 a	0,664 a
42	12,6 a	17,7 a	11,0 a	0,425 b	0,584 a	0,431 b
63	12,3 b	44,3 a	9,0 b	0,281 ab	0,242 b	0,327 a
84	19,6 b	33,0 a	19,4 b	0,283 a	0,203 b	0,230 ab
96	12,8 b	39,3 a	13,5 b	0,258 a	0,184 b	0,257 a

En el sentido horizontal, medias (4 repeticiones) de cada variable con distinta letra, indican diferencias significativas (Duncan $P \leq 0,05$).

Gianinazzi, 1983). Las variaciones del efecto inhibitorio podrían estar relacionadas con los requerimientos de P en los estadios iniciales de crecimiento de las plántulas. Al respecto, Resnik (1980), estipula que en el caso concreto de los cereales, un 80% del P total, se absorbe en el período comprendido entre la germinación hasta que la planta posee un 25% de su materia seca total. Estos antecedentes son relativamente coincidentes con los informados por Jung (1983), Romer y Schilling (1988) y Sutton, Peterson y Sander (1983), quienes refiriéndose a los cereales, expresan que la mitad del requerimiento total de P está concentrado aproximadamente entre la tercera y cuarta semana del período vegetativo.

A medida que avanza el crecimiento en el período juvenil (42 días), en Dalcahue-INIA y Malihue-INIA, se encontraron diferencias significativas entre los

tratamientos, no así en Carahue-INIA y Naofén, en los cuales no se obtuvieron tales diferencias. Esta variación de la infección en estadios más avanzados de crecimiento (pre-floración), dentro del período vegetativo de las plantas, indicaría la influencia de otros factores, sean genéticos o ambientales, además del grado relativo de dependencia de los genotipos por las micorrizas.

En la etapa posterior del período juvenil (63 a 84 días), que incluye el estadio de floración, se observaron comportamientos similares en Carahue-INIA y Naofén, encontrándose diferencias significativas del % I entre los tratamientos con y sin P soluble ($P \leq 0,05$). Sin embargo, en Dalcahue-INIA, a los 84 días, existieron diferencias significativas entre los tres tratamientos y en Malihue-INIA estas diferencias se apreciaron a los 63 días. Por otra parte, el bajo % I por MVA observado en

el "estado masoso" (84 días), en el genotipo Malihue-INIA con SFT, podría deberse a una mayor competencia entre la planta y el hongo por el fotosintato, gran parte del cual la planta utilizaría para fortalecer sus estructuras. Esta observación concordaría con lo informado por Hewstone y Granger (1985), en el sentido que este genotipo presenta una caña firme y una adecuada resistencia a la tendadura.

Por otra parte, en el Cuadro 1, se observa que en la relación R/S existen diferencias significativas en Carahue-INIA y Malihue-INIA entre los tratamientos con y sin SFT, siendo menor la relación en el tratamiento con P soluble en los estadios que comprenden desde los 42 días. Con respecto a Naofén, se encontraron diferencias significativas en los tratamientos con y sin SFT, siendo la relación R/S menor desde los 63 días en el tratamiento con P, lo que podría deberse a una mayor

influencia de las características genéticas y reservas de nutrimentos de las semillas. Estos resultados son concordantes con lo informado por Smith (1980), que expresa que la relación entre el peso seco de la raíz y el peso seco aéreo, es normalmente más baja en las plantas micorrizadas que en las no micorrizadas.

En el Cuadro 2, es posible observar la variación a través del tiempo de la longitud total de raíz y longitud infectada, encontrándose que, con SFT, Carahue-INIA y Dalcahue-INIA alcanzaron el máximo a los 63 días, aunque en Malihue-INIA la longitud máxima de raíz sólo se alcanzó a los 96 días.

Del análisis de los cuadros y figuras 1 y 2, es posible concluir que las mejores respuestas se obtuvieron con la adición de P soluble, apreciándose una correlación significativa ($P \leq 0,05$), entre el % I por MVA y algunos

CUADRO 2. Longitud total de raíz y longitud de raíz infectada por hongos MVA con respecto al tiempo, en cuatro genotipos de trigo primaveral y su relación con P-fertilizante (cm/planta)

TABLE 2. Total root length and root length infected by VAM fungi of four spring wheat genotypes during various stages of growth as affected by P-fertilizer addition (cm/plant)

Variedad y tiempo (días)	Longitud total de raíz			Longitud raíz infectada		
	-P	SFT	RF	-P	SFT	RF
Carahue-INIA						
21	941 a	2.142 a	913 a	63 a	72 a	58 a
42	1.918 a	6.026 a	2.175 a	292 a	959 a	261 a
63	2.723 a	10.718 a	3.029 a	423 a	4.366 a	323 a
84	1.879 a	8.580 a	2.195 a	396 a	3.167 a	500 a
96	1.652 a	10.064 a	1.874 a	230 a	3.320 a	205 a
Dalcahue-INIA						
21	1.202 a	2.789 a	1.149 a	52 a	107 a	48 a
42	2.169 a	11.813 a	2.168 a	105 a	2.392 a	223 a
63	3.249 a	12.713 a	4.173 a	449 a	4.740 a	666 a
84	2.127 a	11.214 a	2.303 a	453 a	3.920 a	354 a
96	2.247 a	9.572 a	2.747 a	227 a	3.218 a	451 a
Malihue-INIA						
21	1.499 a	2.875 a	1.804 a	69 a	102 a	108 a
42	2.234 a	11.979 a	2.566 a	142 b	2.259 a	251 b
63	2.931 a	12.966 a	2.939 a	405 a	4.067 a	293 a
84	1.610 b	13.840 a	2.772 b	237 b	3.475 a	376 b
96	1.440 b	14.980 a	2.195 b	206 b	5.681 a	327 b
Naofén						
21	1.783 a	2.502 a	1.650 a	123 a	82 a	107 a
42	2.461 a	12.091 a	2.717 a	302 a	2.012 a	308 a
63	2.717 a	11.172 a	2.294 a	322 a	4.948 a	104 a
84	2.194 a	9.294 a	2.398 a	427 a	3.190 a	462 a
96	1.636 a	9.868 a	2.223 a	213 a	3.957 a	307 a

En el sentido horizontal, medias de cada variable con distinta letra, indican diferencias significativas (Wilcoxon y Wilcox, 1964, $P \leq 0,05$).

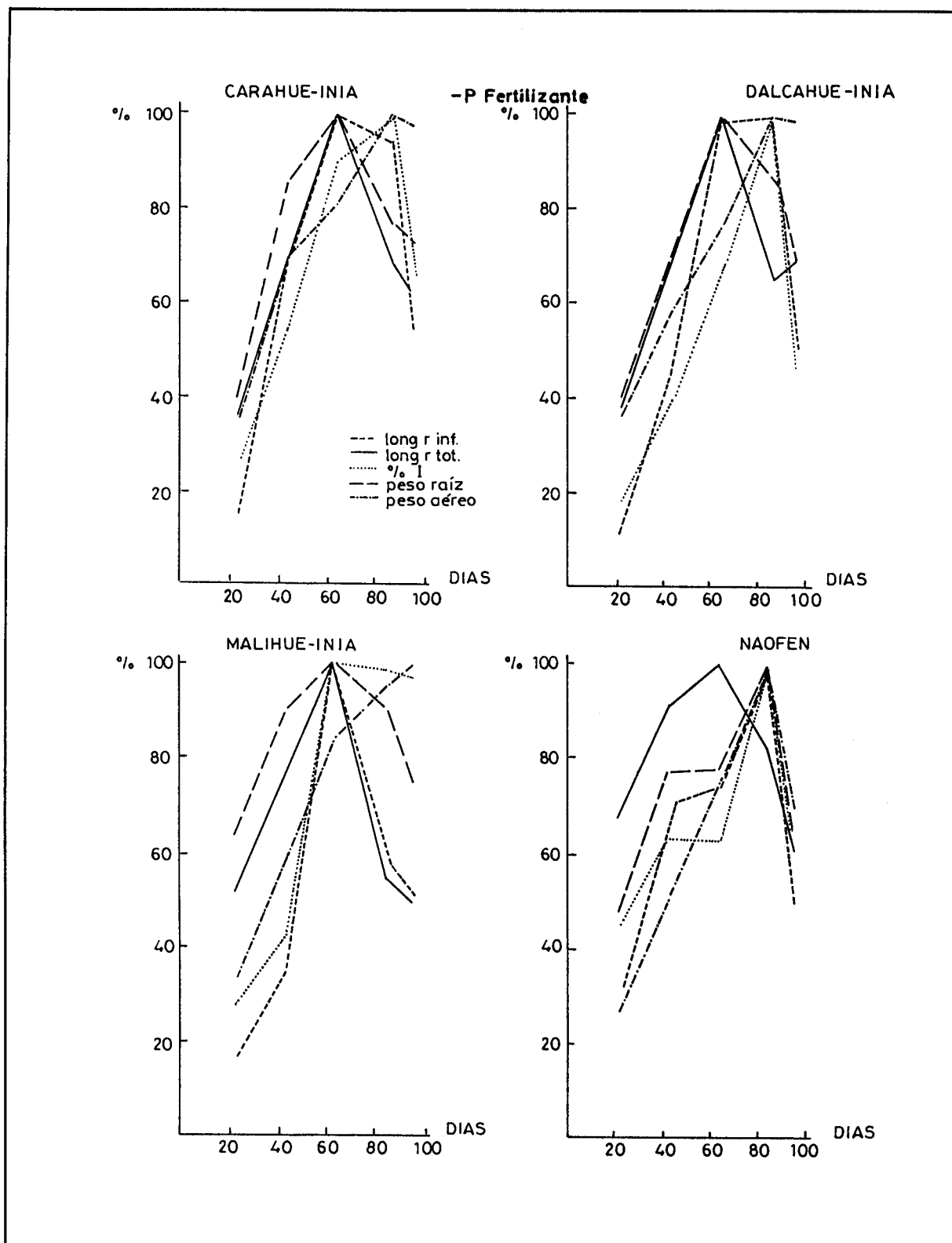


FIGURA 1. Porcentaje relativo de algunas variables fisiológicas de cuatro genotipos de trigo primaveral versus tiempo, sin adición de P-fertilizante.

FIGURE 1. Relative percentage of some physiological parameters of four spring wheat genotypes without P-fertilizer addition during various stages of growth.

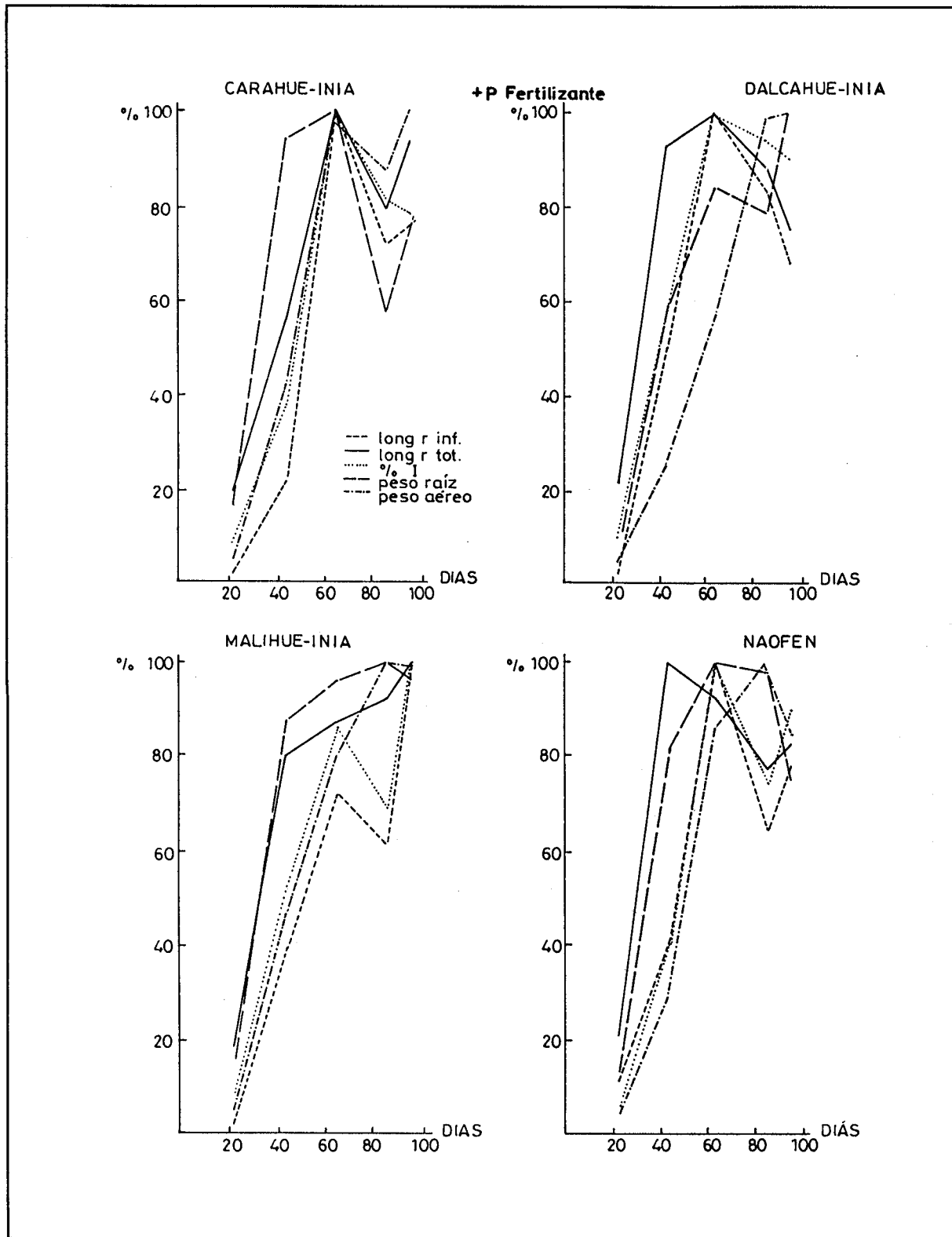


FIGURA 2. Porcentaje relativo de algunas variables fisiológicas de cuatro genotipos de trigo primaveral versus tiempo, con adición de P-fertilizante.

FIGURE 2. Relative percentage of some physiological parameters of four spring wheat genotypes with P-fertilizer addition during various stages of growth.

parámetros fisiológicos registrados correspondientes a los primeros estadios de crecimiento de las plántulas. Así, por ejemplo, Carahue-INIA presentó un alto coeficiente de determinación entre el % I y la longitud total de raíz ($r^2 = 0,96$, $r = 0,98$, $P \leq 0,05$), observándose, además, similar grado de correlación, aunque negativa, entre el % I y la relación R/S ($r^2 = 0,89$, $r = -0,94$, $P \leq 0,05$). Esta alta y significativa correlación en este genotipo, entre el % I y los parámetros fisiológicos en los diferentes estadios de la planta, desde la germinación hasta la floración y en donde todas las variables alcanzaron un valor máximo, indicaría que los hongos micorrizógenos son efectivos y que el proceso simbiótico, en conjunto, estaría funcionando en forma adecuada.

Por otra parte, en la Figura 1 se observa que Naofén, ya a los 21 días, ha desarrollado el 70% de su longitud total de raíz y el 30% de ella, aparece infectada. Estas marcadas diferencias con los otros tres cultivares, indicarían que Naofén sería el menos dependiente de la fertilización fosfatada, hecho corroborado por Rubio, Moraga y Borie (1990), en un trabajo reciente sobre actividad fosfatásica y micorrización en los mismos cultivares.

Finalmente, en los cuadros y figuras 1 y 2, se observa que, en la mayoría de los tratamientos, el máximo % I

ocurre en el estadio principal de floración (63 días), en el cual las fitohormonas giberelinas y citocininas juegan un rol fundamental. Al respecto, Allen, Moore y Christensen (1980), han detectado niveles superiores de citocininas y giberelinas en las plantas micorrizadas. Además, Barea y Azcón-Aguilar (1982), han demostrado la capacidad que tienen los hongos MVA para producir estas hormonas en cultivos axénicos. Por otra parte, Cooper (1984) informa que los hongos micorrizógenos pueden ser capaces de influenciar el crecimiento del hospedero mediante la producción de compuestos hormonales aunque reconoce que no hay evidencia directa con respecto a la transferencia de estas hormonas fúngicas hacia la planta durante el proceso simbiótico.

Estos antecedentes, en conjunto con otros susceptibles de obtenerse en ulteriores investigaciones de campo y que involucren un mayor número de genotipos de *T. aestivum* L., permitirán contar con información fundamental para comprender más plenamente el rol que el potencial nativo de los hongos micorrizógenos juegan en el crecimiento y desarrollo de las plantas en nuestros agroecosistemas, ya sea con el fin de preservar su potencialidad así como también para el futuro uso extensivo de ellos como fertilizantes biológicos.

RESUMEN

Se realizó un experimento en invernadero, tendiente a evaluar la influencia de la infección por micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) sobre algunos parámetros fisiológicos de cuatro variedades de trigo primavera (Carahue-INIA, Dalcahue-INIA, Malihue-INIA y Naofén). Para ello, se sembró las plantas en macetas, adicionándoles el equivalente a 0 y 131 kg de P/ha como superfosfato triple (SFT) y roca fosfórica. Las plantas se cosecharon a los 21, 42, 63, 84 y 96 días y se determinó el porcentaje de infección por hongos micorrizógenos, longitud total de raíz y longitud de raíz infectada, conjuntamente con peso seco de raíz y parte aérea.

Los resultados demostraron que la adición de fertilizante, especialmente SFT, aumentó la infección en todos los genotipos, siendo más alta en Carahue-INIA y Naofén (45 y 44,3%, respectivamente). Por otra parte, en Carahue-INIA todos los parámetros fisiológicos alcanzaron su máximo, a los 63 días. Finalmente, se demostró que a los 21 días, en ausencia de P, Naofén alcanzaba el 70% de su longitud total de raíz, de la cual el 30% ya estaba micorrizada. Esto indicaría que, de los genotipos ensayados, Naofén sería el menos dependiente de la fertilización fosfatada.

Palabras claves: micorriza VA, trigo, longitud raíz.

LITERATURA CITADA

ALLEN, M.E., MOORE, Jr. T.S. and CHRISTENSEN, M. 1980. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae: I, Cytokinin increases in the host plant. Can. J. Bot. 58: 371-374.

BAREA, J.M. and AZCON-AGUILAR, C. 1982. Production of plant growth regulating substances by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Appl. Environ. Microbiol. 43: 810-813.

- BAREA, J.M. and AZCON-AGUILAR, C. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Adv. in Agron.* 36: 1-54.
- BIELISKI, R.L. 1973. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 225-252.
- BORIE, F. 1986. Acción de los microorganismos del suelo sobre materiales fosfatados. *Soc. Chilena de la Ciencia del Suelo. Santiago, Chile. Boletín 6.* p.: 43-89.
- COOPER, K.M. and TINKER, P.B. 1981. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas. IV. Effect of environmental variables on movement of phosphorus. *New Phytol.* 88: 327-339.
- COOPER, K.M. 1984. Physiology of VA Mycorrhizal Associations. In: VA Mycorrhiza. C.L.I. Powell and D.J. Bagyaraj (ed.). C.R.C. Press. Inc. Florida. p.: 173-174.
- DUNCAN, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biom.* 11: 1-42.
- GIANINAZZI-PEARSON, V. and GIANINAZZI, S. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil* 71: 197.
- GIOVANNETTI, M. and MOSSE, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84: 489-500.
- HAYMAN, D.S. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Can. J. Bot.* 61: 944-963.
- HEWSTONE M., CHRISTIAN Y GRANGER Z., DENISE. 1985. Trigo de primavera Carahue-INIA, para la zona Sur de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 45(4): 375.
- JUNG, J. 1983. Use of various phosphate fertilizer sources according to soils and crops. *IMPHOS. 3rd International Congress on Phosphorus Compounds. Brussels.* p.: 481-483.
- KURUVADI, S. and TOWNELY-SMITH, T. 1988. Relationship among seedling and adult plant root system in wheat. *Turrialba* 38(2): 149-153.
- NELSEN, C.E. and SAFIR, G.R. 1982. Increased drought resistance in onion plants by mycorrhizal infection. *Planta* 154: 407-413.
- RESNIK, M.E. 1980. Nutrición Mineral. En: *Fisiología Vegetal.* Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires. 249 p.
- ROMER, W. and SCHILLING, G. 1988. Phosphorus requirements of the wheat plant in various stages of its life cycle. *Plant and Soil* 91(2): 221-229.
- RUBIO H., ROSA, MORAGA P., ELVIRA Y BORIE B., FERNANDO. 1990. Acid phosphatase activity and vesicular-arbuscular mycorrhizal infection associated with roots of four wheat cultivars. *J. Plant Nutr.* 13(5): 585-598.
- SCHWAB, S.M., MENGE, J.A. and LEONARD, R.T. 1983. Comparison of stages of vesicular-arbuscular mycorrhizal formation in Sudan grass grown at two levels of phosphorus nutrition. *Am. J. Bot.* 70: 1.225.
- SHAPIRO, S.S. and WILK, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality. *Biom.* 52: 591-611.
- SIEVERDING, E. and HOWELER, R. 1985. Influence of species of VA mycorrhizal fungi on cassava yield response to phosphorus fertilization. *Plant and Soil* 88: 213-221.
- SMITH, S. and BOWEN, G. 1979. Soil temperature, mycorrhizal infection and nodulation of *Medicago truncatula* and *Trifolium subterraneum*. *Soil Biol. Biochem.* 11: 469-473.
- SMITH, S.E. 1980. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 55: 475.
- SUTTON, P.J., PETERSON, G.A. and SANDER, D.H. 1983. Dry matter production in tops and roots of wheat winter as affected by phosphorus availability during various growth stages. *Agron. J.* 75: 657-663.
- TOTTMAN, D.R. and MAKEPEACES, R.J. 1979. An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Ann. Appl. Biol.* 93: 221-234.
- TOWNELY-SMITH, T.F. and HURD, E.A. 1978. Testing and selecting for drought resistance in wheat. In: *Stress physiology in crop plants.* H. Mussel, R.C. Staples (ed.). New York. John Wiley. p.: 448-464.
- WILCOXON, F. and WILCOX, R.A. 1964. Some rapid approximate Statistical Procedures. *Lederle Laboratories (ed.).* New York. p.: 36-38.