

## NOTA TECNICA

# EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE FOSFORO SOBRE SU ASIMILACION EN TRES GENOTIPOS DE FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.)<sup>1</sup>

German Hernández<sup>2</sup>, Vidalina Toscano<sup>2</sup>, Nancy Méndez<sup>2</sup>, Luis Gómez<sup>2</sup>, Miguel Mullings<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Efecto de la concentración de fósforo sobre su asimilación en tres genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).** En condiciones controladas de invernadero y cultivo hidropónico en frascos de 1000 cc, aerada con 400 ml.l; de solución.minuto-1, se hicieron crecer plantas de frijol común, en un diseño de bloques completamente al azar; con cuatro repeticiones. Se estudió el efecto de 0; 0,25; 0,50; 0,75 y 1,00 mM de fósforo sobre la formación de biomasa por las hojas, peciolo, tallo, raíz, vainas y la biomasa total; así como la concentración total de fósforo en la planta y la eficiencia de uso del fósforo en las variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) CC25-9(N); BAT 58 y BAT 304. Se encontró diferencia significativamente superior en la formación de biomasa por las hojas, tallo, vainas y la biomasa total de la planta; la concentración de fósforo total de la planta varió con la concentración de fósforo en la solución de crecimiento, mientras que la eficiencia de uso alcanzó su máximo valor con la concentración de 0,50 mM de fósforo. Estos resultados indican que el fósforo tiene acción específica en la variedad de frijol y que éstas requieren niveles diferentes de este elemento.

### ABSTRACT

**The effect of Phosphorus concentration over the assimilation by three genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.).** The experiment was carried out under green house conditions using 1000 cc pot hydroponic techniques; it was oxygenated with 400 ml.l-1.minutes-1, where common bean plants arranged in randomized block design. The effect of 0; 0.25; 0.50; 0.75 and 1.00 mm of phosphorus concentration over the biomass developed by leaves, leafstalks, stalks, roots, pods; total biomass; the total plant phosphorus concentration and the phosphorus use efficiency shown the common bean variations (*Phaseolus vulgaris* L.) such as CC25-9(N), BAT 58 and BAT 304, were studied. There was found significative difference between the amount of biomass formed by leaf, stalk, pods and, the total plant biomass; the total plant phosphorus concentration changed in order of the phosphorus solution concentration used; while the phosphorus use efficien reached the uppermost value at 0.50 mm of phosphorus concentration. There is specific phosphorus incidence over the nutrition of bean genotype. The results showed that the different bean genotypes have different phosphorus requirements.

---

### INTRODUCCION

La producción de biomasa por la planta en relación con el suministro de nutrimentos se considera como un índice de eficiencia de absorción de los nutrimentos (Siddiqi y Glass, 1981). Tradicionalmente la eficiencia de utilización de los nutrimentos se define como la relación entre la producción de biomasa sobre el porciento del elemento en la biomasa. Este promedio se ha definido como un coeficiente de utilización o coeficiente de

eficiencia (Steenjerg y Jackobsen, 1963; Loneragan and Asher, 1967; Speard, Asher y Eduards, 1978).

También, se argumenta que en la eficiencia de utilización de los nutrimentos debía tenerse en consideración la concentración del nutriente (Siddiqi y Glass, 1981). Este argumento, se basa en el concepto de que la concentración de un nutrimento mineral esencial por encima del nivel crítico óptimo en la solución, puede limitar la eficiencia de una o varias enzimas que tienen

---

<sup>1</sup> Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en Honduras, América Central. 26 de marzo - 1 de abril, 1995.

<sup>2</sup> Laboratorio de Rhizobiología. Estación Experimental de Nutrición Vegetal "La Renée". Instituto de Suelos. MINAG. A.C. 6. Quivicán. La Habana. Cuba.

como función colectiva culminante la expresión del rendimiento en la planta.

De acuerdo con el concepto propuesto por Siddiqi y Glass (1981) se inició el estudio para aplicar el concepto de eficiencia de utilización de un nutrimento para evaluar la respuesta a dosis crecientes de fósforo con una concentración óptima de nitrógeno, 2 mM de urea por semana, sobre la producción de materia seca por las partes y el total de las plantas de tres variedades de frijol común con color de grano negro pequeño opaco.

En este sentido los estudios para caracterizar la respuesta fisiológica de la planta de frijol frente a dosis crecientes de fósforo en condiciones controladas son limitados. Se conoce que la eficiencia de fósforo limita la actividad fotosintética por unidad de área foliar (Morrison y Batten, 1986; Sawad, Iguarashi y Miyachi, 1983; Walker y Sivak, 1985).

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de cinco concentraciones de fósforo sobre la producción de masa seca, la acumulación de fósforo y la eficiencia de utilización por las partes y la biomasa total de la planta en tres variedades de frijol común.

## MATERIALES Y METODOS

### Material biológico

El origen y las características de las variedades utilizadas en este estudio se muestran en el Cuadro 1. La variedad CC25-9(N) es de origen cubano, las variedades BAT 58 y BAT 304 fueron seleccionadas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) por su potencial de rendimiento en los suelos tropicales de baja fertilidad.

### Condiciones de crecimiento en casa de cristal

El experimento se condujo en la Estación Experimental "La Renée" ubicada al sur de la Provincia La

Habana, Cuba a 15 msnm en el periodo octubre-diciembre de 1994.

Las semillas usadas en el experimento se esterilizaron sumergiéndolas durante 30 minutos en una solución de hipoclorito de calcio con una concentración de 67 g.l-1. seguidamente se pasaron por agua destilada y se colocaron en recipientes con arena de río lavada y estéril. Los recipientes con las semillas se colocaron en ambiente oscuro a 30 °C. Las plántulas se transfirieron a frascos de 1 000 cc de capacidad cubiertos con papel aluminio. Cada frasco (unidad experimental) fue tapado con tapón de goma y retapa de aluminio, en el tapón de goma se colocó un tubo de plástico para soportar la planta y dos capilares para la entrada y expulsión del aire que fluyó dentro de la solución nutrimento a una concentración de 400 ml.l de solución.min-1. Para sostener la planta en el tubo, se colocó en el tallo una fracción de algodón con Rhodoxil. La composición de la solución nutritiva fue de 3,30 mM de CaCl<sub>2</sub>; 1mM MgSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O; 1,25 mM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 4µM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 6µM MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O; 0,9 µM ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 1 µM CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O; 0,1 µM NaMgO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O; 16,6 mg.litro-1 de Sequestrene de hierro. El pH fue corregido a 6,5 con 0,2 ml de 1MKOH. El fósforo se aplicó a las concentraciones de 0; 0,25; 0,50; 0,75 y 1,00 mM preparadas a partir de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. La concentración de nitrógeno se mantuvo aplicando semanalmente 2 mM de Urea.

Dos semanas después del trasplante la solución se cambió semanalmente; a cada frasco se le aplicó 0,7 g.litro-1 de CaCO<sub>3</sub> para contribuir a mantener estable el valor de pH.

Las plantas crecieron en la casa de cristal con 12 h de luz natural; la temperatura durante el período experimental fluctuó de 26 °C durante el período de luz a 21 °C durante el periodo de oscuridad.

En la etapa de desarrollo R8, llenado de las vainas se cosecharon las plantas, separando el tallo de la raíz a nivel de las huellas del cotiledón. La planta se separó en hojas, peciolos, tallos, vainas y raíces.

**Cuadro 1.** Origen y características de las variedades de frijol común *Phaseolus vulgaris* usadas en el experimento.

Variedad	Días a R8	Días a cosecha	Color de la semilla	Origen	País
CC25-9 (N)	65	95	Negro	INIFAT	Cuba
BAT 58	55	85	Negro	CIAT	Colombia
BAT 304	50	75	Negro	CIAT	Colombia

Cada parte de la planta se colocó en horno de circulación de aire a 65 °C hasta peso constante. Seguidamente se molinó y se determinó el contenido porcentual de fósforo en cada parte de la planta y en la biomasa total.

## RESULTADOS

### Formación de masa seca y contenido de fósforo total en la planta.

La formación de masa seca por cada una de las partes evaluadas se incrementó con el aumento de las dosis de fósforo, Cuadro 2. Hubo incrementos significativamente diferente la formación de masa seca por los peciolo en ninguna de las tres variedades estudiadas, Cuadro 2. El incremento de masa seca formada por la raíz cambió significativamente en la variedad BAT 304 con el tratamiento de 0,50 mM de P(i). En las otras dos variedades los cambios no fueron significativamente diferentes, Cuadro 2.

La formación de biomasa total por las tres variedades de frijol común se incrementó como respuesta al aumento en el suministro de fósforo en la solución de crecimiento, Figura 1.

El contenido de fósforo total en las partes de las plantas en las tres variedades estudiadas se incrementó, Cuadro 3.

Con excepción de las vainas el fósforo total fue mayor en valores absoluto en la variedad CC25-9(N) que en las variedades BAT 58 y BAT 304, Cuadro 3.

El incremento de la concentración de fósforo en la solución de 0 mM a 0,25 mM produjo cambios en los valores de fósforo total en las partes de la planta. Incrementándose 1027; 274 y 264 por ciento en las hojas, 457; 380; 140 en los peciolo, 340; 232 y 137 en los tallos, 163; 130 y 152 en las raíces; 478; 1419 y 513 en las vainas y 428; 364 y 199 en la masa total de la planta en las variedades CC25-9(N); BAT 58 y BAT 304, respectivamente, Cuadro 3.

### Eficiencia de uso del fósforo

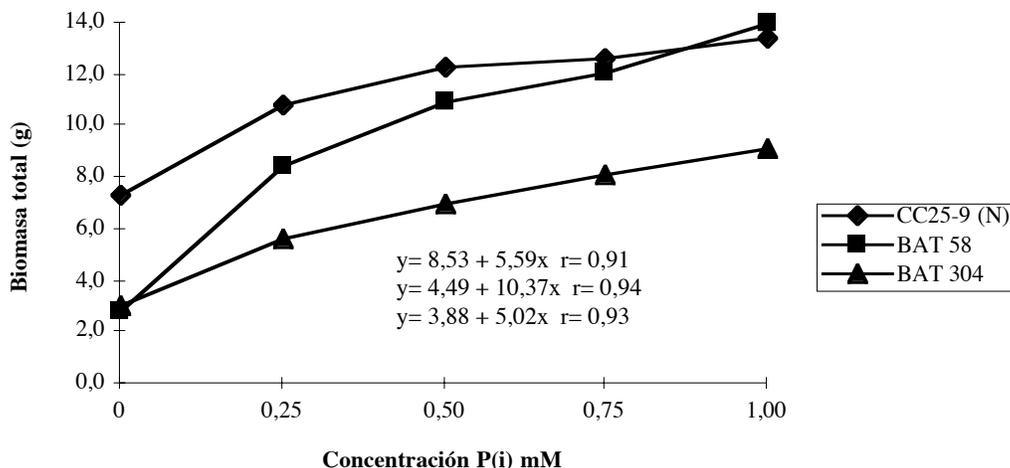
La máxima eficiencia de uso del fósforo calculada como la relación entre la biomasa total formada por la planta sobre el porcentaje de fósforo en la biomasa tuvo un comportamiento variado en la biomasa total de la planta, la mayor eficiencia de uso de P(i) ocurrió con la concentración de 0,50 mM en la solución, Figura 2. Por encima de esta concentración la eficiencia disminuyó. El incremento resultante en la masa total con esta concentración respecto a 0 mM de P(i) fue de 208; 294 y 193 por ciento en las variedades CC25-9(N); BAT 58 y BAT 304 respectivamente.

Comparando la eficiencia de uso de fósforo y la formación de biomasa total, Figuras 1 y 2, observamos que cuando se aumentó la concentración de P(i) en la solución, las plantas de frijol de las variedades en estudios incrementaron la formación de biomasa total; mientras que la eficiencia de uso de P(i) se logró con la concentración de 0,50 mM de P(i) en la solución. En las siguientes concentraciones, ésta siguió un curso relativamente estable.

**Cuadro 2.** Efecto del fósforo, con dosis fija de nitrógeno, sobre la producción biomasa por cada una de las partes de la planta y la biomasa total en tres variedades de frijol común, cosechada en la etapa de desarrollo R8, expresado en gramos por planta. La Habana, Cuba. 1994.

Conc, mM	Hojas (g) <sup>1/</sup>			Peciolo (g)			Tallo (g)			Raíz (g)			Vainas (g)			Biomasa total (g)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0,00	0,81 <sup>0</sup>	0,63 <sup>0</sup>	0,92 <sup>0</sup>	0,13	0,11	0,17	0,52 <sup>0</sup>	0,77 <sup>0</sup>	1,00 <sup>0</sup>	1,38	1,00	0,56 <sup>0</sup>	0,36 <sup>0</sup>	0,29 <sup>0</sup>	0,43 <sup>0</sup>	3,20 <sup>0</sup>	2,80 <sup>0</sup>	3,08 <sup>0</sup>
0,25	5,68 <sup>+</sup>	1,61 <sup>+</sup>	1,42 <sup>+</sup>	0,40	0,29	0,23	1,49 <sup>+</sup>	1,79 <sup>+</sup>	1,38 <sup>+</sup>	1,74	1,13	0,76 <sup>0</sup>	1,52 <sup>+</sup>	3,69 <sup>+</sup>	1,89 <sup>+</sup>	10,83 <sup>+</sup>	8,93 <sup>+</sup>	5,68 <sup>+</sup>
0,50	5,94 <sup>+</sup>	2,18 <sup>+</sup>	1,59 <sup>+</sup>	0,40	0,33	0,25	1,98 <sup>+</sup>	1,82 <sup>+</sup>	1,74 <sup>+</sup>	1,87	1,18	0,94 <sup>+</sup>	2,13 <sup>+</sup>	5,49 <sup>+</sup>	2,43 <sup>+</sup>	12,32 <sup>+</sup>	11,00 <sup>+</sup>	6,95 <sup>+</sup>
0,75	6,06 <sup>+</sup>	2,19 <sup>+</sup>	1,91 <sup>+</sup>	0,44	0,35	0,37	2,03 <sup>+</sup>	2,23 <sup>+</sup>	2,05 <sup>+</sup>	1,92	1,26	1,07 <sup>+</sup>	2,25 <sup>+</sup>	6,06 <sup>+</sup>	2,73 <sup>+</sup>	12,70 <sup>+</sup>	12,09 <sup>+</sup>	8,13 <sup>+</sup>
1,00	6,53 <sup>+</sup>	2,19 <sup>+</sup>	2,33 <sup>+</sup>	0,50	0,41	0,38	2,05	2,32 <sup>+</sup>	0,41 <sup>+</sup>	1,95	1,56	1,14 <sup>+</sup>	2,40 <sup>+</sup>	7,49 <sup>+</sup>	2,87 <sup>+</sup>	13,43 <sup>+</sup>	13,97 <sup>+</sup>	9,13 <sup>+</sup>
E,S,x	0,222*	0,219*	0,218*	0,084	0,300	0,042	0,057**	0,123*	0,132**	0,365	0,156	0,100*	0,308*	0,456*	0,504*	2,019*	3,680*	1,80*

<sup>1/</sup> A= Variedad CC25-9(N); B= Variedad BAT 58; C= Variedad BAT 304; 0 = no significativamente diferente; + = significativamente diferente. Según prueba de Dunnett.

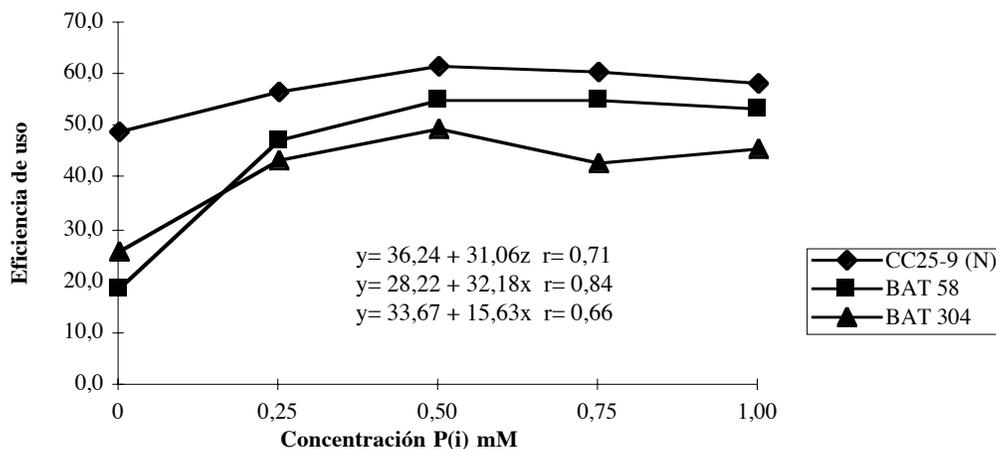


**Fig. 1.** Efecto del suministro de fósforo, con una concentración de nitrógeno 2mM de urea, sobre la acumulación de biomasa total por las plantas de tres variedades de frijol común. La Habana, Cuba. 1994.

**Cuadro 3.** Efecto del fósforo con dosis fija de nitrógeno sobre el fósforo total en cada parte de la planta y en la biomasa total en tres variedades de frijol común en la etapa de desarrollo R8 expresados en mg P de por gramos de masa seca. La Habana, Cuba. 1994.

Conc. mM	Hojas (g) <sup>1/</sup>			Pecíolo (g)			Tallos (g)			Raíz (g)			Vainas (g)			Biomasa total (g)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0.00	1,05	0,82	1,29	0,12	0,10	0,15	0,57	0,46	1,30	2,34	1,30	0,89	0,76	0,52	1,03	4,80	4,20	3,70
0.25	10,79	2,25	3,14	0,64	0,38	0,21	1,94	1,07	1,79	3,82	1,69	1,36	3,64	7,38	5,29	20,57	15,32	7,38
0.50	13,06	2,83	4,29	0,60	0,33	0,32	2,94	1,45	2,61	4,11	1,88	1,59	5,96	11,53	6,80	24,64	22,00	9,73
0.75	12,76	4,38	5,16	0,70	0,70	0,59	2,64	2,23	3,07	4,22	2,65	2,56	6,75	15,15	8,19	26,67	26,59	15,45
1.00	13,06	5,91	6,99	0,90	0,75	0,57	2,66	2,32	5,06	4,68	3,28	2,96	9,12	20,97	10,90	30,88	36,32	18,26

<sup>1/</sup> A= Variedad CC25-9(N); B= Variedad BAT 58; C= Variedad BAT 304.



**Fig. 2.** Efecto de la concentración de fósforo, y una concentración de 2mN de urea, sobre la eficiencia de uso de fósforo en la etapa de desarrollo R8 en tres variedades de frijol común. La Habana, Cuba. 1994.

Analizando comparativamente la biomasa total de la planta; el fósforo total y la eficiencia de uso del fósforo, encontramos un comportamiento diferente. La biomasa total y el fósforo total aumentaron con el incremento de la concentración de P(i) en la solución de crecimiento; mientras que la eficiencia de uso tuvo su máximo con la concentración de 0,50 mM.

## DISCUSION

### Formación de masa seca y contenido total de fósforo

El incremento de la formación de masa seca por las partes de la planta (hojas, peciolas, tallos, raíces, vainas y biomasa total) se reportan en el Cuadro 2.

Estos resultados demuestran que la concentración de nitrógeno en la solución, 2 mM, no limitó la absorción de fósforo por la planta y por tanto la expresión de biomasa formada por las variedades de frijol CC25-9(N); BAT 58 y BAT 304 fue el resultado de su respuesta ante las concentraciones de fósforo en la solución. Así, la acumulación de masa seca por la planta es la acción de un nutrimento cuando su efecto no se ve limitado por otros. (Loneragan y Asher 1967; Robson A.D. 1978).

Examinando la producción de masa seca encontramos que las variedades CC25-9(N) y BAT 304 tuvieron la mayor y menor formación de masa seca, Cuadro 2. Similar comportamiento se observa en los valores de fósforo total, Cuadro 3.

Estos resultados experimentales indican que aún cuando la solución nutritiva dispone de concentraciones que puedan satisfacer las necesidades de las plantas, éstas se expresan diferenciadamente, ello demuestra entonces, que aún, cuando existen necesidades generales la demanda específica de una variedad puede variar con respecto a otra. Sobre la expresión del rendimiento en las variedades (formación de la masa seca de las vainas), CC25-9(N) y BAT 304 tuvieron rendimientos similares, mientras que BAT 58 tuvo una producción de vaina superior, esto indica que BAT 58 es una variedad que responde a las dosis de fósforo. Informe de archivo no publicadas de la Estación Experimental de Nutrición Vegetal "La Renée" muestran que la variedad BAT 58, comparada con 20 variedades comerciales de frijol común, cultivadas en tres tipos genéticos de suelos con concentraciones baja, media y alta de fósforo, produjo rendimientos superiores de grano. (Hernández *et al.*, 1993).

Con base en los valores de masa seca, Cuadro 2, y los valores de fósforo total, Cuadro 3, se puede calcular

la concentración porcentual de fósforo en las partes de la planta de las variedades evaluadas y en la biomasa total de la planta.

En las partes de la planta evaluada el comportamiento fue variado. En la biomasa total los valores de concentración fueron similar en las tres variedades. Analizando los valores resultado de este estudio con frijol común es consistente la conclusión que aún cuando las concentraciones de fósforo en la planta son similares, este elemento tiene acción específica en las variedades respecto a la expresión de crecimiento y el rendimiento de la planta. Otro estudio realizado con frijol de soya (*Glicine max L.*) y otras leguminosas demuestran que la interpretación de estos resultados son consistentes (Jacobsen, 1985).

Una estimulación en el crecimiento de la planta tratada, se atribuyó al fósforo, pues el suministro de nitrógeno u otro elemento no fueron limitantes en las plantas durante el período de crecimiento evaluado.

En este estudio, el fósforo total varió en la biomasa entre 4,8-30,88; 4,20-36,32; 3,7-18,26 mg.g de masa seca-1 en las variedades CC25-9(N); BAT 58 y BAT 304 respectivamente, Cuadro 3. Estos valores de fósforo total en las tres variedades en estudio pueden estar relacionadas con la capacidad específica de cada variedad para formar masa seca en presencia de diferentes concentraciones de fósforo en la solución de crecimiento. Esto indica también, que la respuesta del crecimiento de la planta se puede incrementar si el nitrógeno u otro elemento no limitan su expresión. Sugiere entonces que 2 mM de urea semanal suministró suficiente nitrógeno al sistema nutrimental de la planta.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Rafael Reyes y Odalys Verane por la asistencia en la conducción de este ensayo, a Esther Mansfarrol, Alina Martínez, Deysi Rodríguez y Kenia Quicute por la preparación de las muestras y el análisis de fósforo así como a Ania Matos por el excelente trabajo mecanográfico.

## LITERATURA CITADA

HERNANDEZ, G.; GONZALEZ, A.; ALMAGUER, N.; BARBERIA, G.; TOSCANO, V.; SANCHEZ, M. 1993. Respuesta de dos cultivares de frijol común cultivados en suelos con concentraciones bajas, media y alta de fósforo. Informe del tema de investigaciones consumo de nutrimentos por cultivos económicos. *In*: Archivo Est.

- Exp. de Nutrición Vegetal "La Renée". Instituto de Suelos. MINAG. 26 pag. Mimeografiado.
- JACOBSEN, I. 1985. The role of Phosphorus in nitrogen fixation by young pea plants (*Pisum sativum*). *Physiol Plant* 64:190-196.
- LONERAGAN, J.F.; ASHER, C.J. 1967. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. *Soil Sci.* 103:311-318.
- MORISON, J.I.L.; BATTEN, G.D. 1986. Regulation of mesophyll Photosynthesis in intact wheat leaves by Cytoplasmic phosphate concentrations. *Planta* 168: 200-206.
- ROBSON, A.D. 1978. Mineral nutrients limiting nitrogen fixation in legumes. *In*: Cs. Andrew, E. J. Kamprath, eds. Mineral nutrition of legumes of tropical and subtropical soil. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne, Australia, pp 277-293.
- SAWADA, S.; IGARASHI, T.; MIYACHI, S. 1983. Effects of phosphate nutrition on photosynthesis, starch, and total phosphorus levels in single rooted leaf of dwarf bean. *Photosynthetica* 17:484-490.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. 1981. Utilization index: A modelization efficiency in plants. *J. Plant Nutr.* 4:289-302.
- SPEAR, N.W.; ASHER, C.J.; EDWARDS, D.G. 1978. Response of cassava, sunflower and maize to potassium concentration in solution. II. Potassium absorption and its relation to growth. *Field crops. Res.* 1:363-373.
- STEENBERG, F.; JACOBSEN, S.T. 1963. Plant nutrition and yield Curves. *Soil Sci.* 95:69-90.
- WALKER, D.A.; SIVAK, M.N. 1985. Can phosphate limit photosynthetic carbon assimilation in vivo? *Physiol. Veg.* 23:829-841.