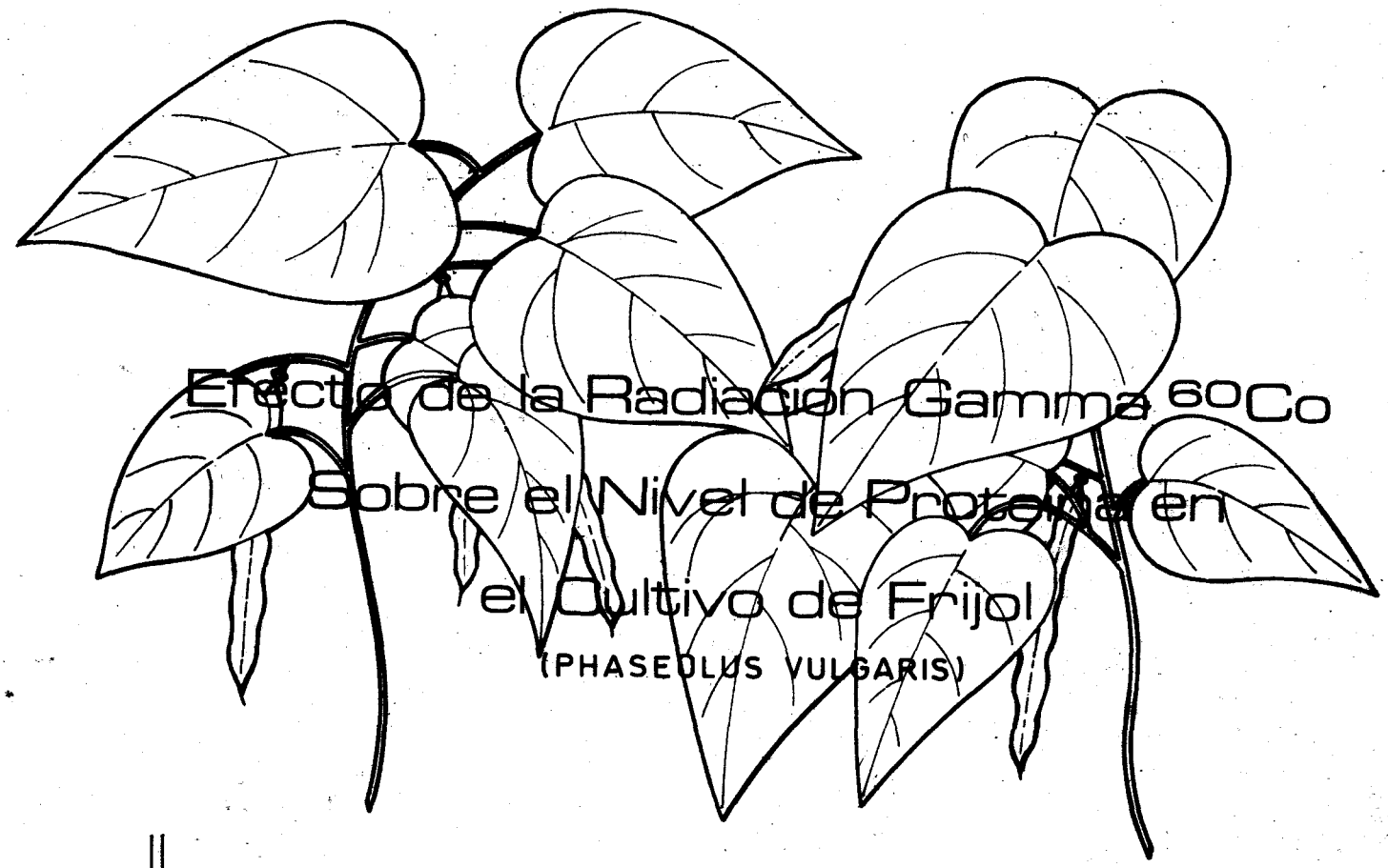


Efecto de la Radiación Gamma ^{60}Co Sobre el Nivel de Proteínas en el Cultivo de Frijol

(PHASEOLUS VULGARIS)

PUBLICACION DE LA JUNTA DE CONTROL DE ENERGIA ATOMICA
LIMA — PERU
1,973

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS NUCLEARES

EFECTO DE LA RADIACION GAMMA ^{60}Co SOBRE EL NIVEL DE PROTEINA EN EL CULTIVO DE FRIJOL "PHASEOLUS VULGARIS"

INTRODUCCION

Científicamente se ha determinado, que en los países que se encuentran en vías de desarrollo, el rápido incremento de su población genera un déficit de nutrición proteínica.

El desarrollo integral del país requiere resolver el problema planteado por el déficit de proteínas, y en este campo resaltan las leguminosas de grano, por cuanto además de ser fuentes de proteínas de bajo costo contribuyen con el 18% del total de la producción mundial de proteínas extraídas de los cultivos (27.85 toneladas métricas) de las cuales 28% son consumidas por el ser humano.

Para incrementar esta producción en las leguminosas de grano, resulta acertada la combinación de las técnicas nucleares con los nuevos y modernos métodos fitotécnicos, que han abierto la posibilidad de producir nuevas variedades e incrementar la calidad y cantidad de las cosechas.

El presente trabajo, resume que el resultado de la investigación realizada por el Ing. Julio Lugo Caja, en colaboración con otros distinguidos profesionales representa una contribución relativa al estudio de los efectos producidos por diferentes dosis de radiación Gamma ^{60}Co, sobre el nivel de proteína en el cultivo del frijol Phaseolus vulgaris, utilizando la variedad brasilera Goiano Precoz, en un experimento realizado bajo invernadero y condiciones nutricionales controladas.

Ing. Waldemar Llamosas
Director del Centro Superior de Estudios Nucleares

INVESTIGACION

Ing. Julio Lugo C.
O.J. Crocomo
W. Sharp
V.F. da Cruz

Revisión de Literatura

Las primeras referencias relativas del efecto de las radiaciones gamma sobre el contenido de proteína en el cultivo de frijol, probablemente con los de Garonov y Amirshahi(2,12).

Garonov (12), 1970 irradiando semillas de frijol Phaseolus vulgaris con radiaciones gamma ^{60}Co en un experimento sembrado y conducido en condiciones de campo, observó en M_1 estímulo de crecimiento y formación de brotes en las dosis con 2 y 3 Krad. e incrementos significativos del contenido de proteína del orden 109%, 110% y 124% con dosis 4,5 y 10 Krad. respectivamente.

Amirshahi (2) 1970, aplicando radiaciones gamma ^{60}Co a semillas de dos variedades de frijol, encontró en M_2 líneas con un alto contenido de proteína que varió de 20 a 27% para la variedad Roja y de 20 a 31% para la variedad Pinto.

Estas observaciones, consideradas todavía preliminares por sus autores, se encuentran más avanzadas en otros cultivos. Así, Dumanovic (8) 1970, comparando tres agentes mutantes, radiaciones gamma, etil metasulfonato EMS y etilamina EI, encontró una mayor eficiencia de las radiaciones gamma ^{60}Co sobre la inducción y variación heredable del contenido de proteína en plantas de trigo hexaploide, en el siguiente orden rayos gamma > EMS > EI. Este investigador señala que durante el período de crecimiento de la planta fué imposible seleccionar plantas con un alto contenido de proteína, debido a la existencia de correlaciones negativas con algunas variables estudiadas.

Borojevic (6) 1970, también encontró una mayor eficiencia de los rayos X para la inducción de mutaciones heredables para el contenido de proteína en plantas de trigo, rayos X > EMS > EI.

Balint (3) 1970, demostró que el contenido de proteína de diferentes líneas de maíz pueden ser incrementados más rápidamente por la inducción de mutaciones de rayos X en comparación a una simple selección o cruzamiento.

Swaminatahan (35,36) 1970, 1972, observó en el cultivo de trigo una mayor frecuencia de inducción de mutaciones para el contenido de proteína por rayos X, anotando además la creación de una variedad de trigo denominado Pusa Lerma obtenido por una combinación de radiaciones gamma ^{60}Co y EMS variedad que se distingue por su alto contenido de proteína y su habilidad de multiplicar su valor proteíco mediante la aplicación de fertilizantes. En los mutantes de arroz obtenidos por este investigador, producidos por combinación de los rayos X y gamma encontró una correlación negativa entre el contenido de proteína con rendimiento de grano y resistencia bacterial.

López (23) 1968, irradió con rayos gamma ^{60}Co semillas de dos variedades de trigo mexicano encontrando en ambas variedades y en M_1 incrementos de proteína altamente significativos con dosis de 10 Krad. , con valores máximos a 35 Krad. El peso hectolítrico y rendimiento de granos acusaron una relación inversamente proporcional con el contenido de proteína.

Tanaka (37) 1970, irradiando semillas de arroz con radiaciones gamma ^{60}Co, observó en M_3 líneas con alto y bajo contenido de proteína con respecto a la variedad original, en los casos de incremento el valor nutritivo de este compuesto fué de bajo nivel con respecto a la lisina.

Este mismo fenómeno fue encontrado por Haq (15) 1970, quien irradió semillas de arroz con un tenor de humedad de 13.5% a 30 Krad. observando que los mutantes producidos en M_4 presentaban un alto contenido proteíco pero de bajo valor nutritivo respecto a la lisina.

Enken, Williams y Papa, mencionados por Koo (22) 1970, encontraron en M_3 incrementos del contenido de proteína en plantas de soya provenientes de semillas irradiadas con radiaciones gamma ^{60}Co, variaciones que oscilaron diez veces mas grandes para los mutantes obtenidos con rayos X y neutrones.

Gottschalk (13) 1970, analizando el contenido de proteína y rendimiento de 22 líneas mutantes de Pisum sativum obtenidos por rayos X, encontró genotipos con alto contenido de proteína pero con reducido peso de grano.

En general, el estado actual de las investigaciones orientadas con el propósito de observar efectos de las radiaciones ionizantes sobre el nivel de proteína en los cultivos, muestran la existencia de una correlación negativa con las variables de peso seco, número de plantas y resistencia a enfermedades (14,22,35,36); sin ninguna relación y posibilidad alguna de seleccionar plantas durante el período de crecimiento o carácter morfológico especial con un alto contenido de proteína (3,8,23).

Para algunos cultivos, se conoce el efecto positivo de las radiaciones ionizantes sobre la inducción y variación heredable del contenido de proteína expresado en algunos casos en las semillas de M_1 (8,20,35,36).

Razones básicas para creer que el proceso de acumulación de proteína es gobernado por un intrincado mecanismo regulatorio explicado por el momento bajo algunas hipótesis:

a) Efectos sobre el mecanismo citoplasmático (38)
b) Formación de sustancias fisiológicamente activas (11)
c) Cambios en el DNA y formación y activación del mensajero RNA (m-RNA) de alta radioresistencia y vida larga (13,21,34).

Materiales y Métodos

Por razones de carácter técnico, basados en la literatura existente, se eligió trabajar con la variedad de frijol brasileño Giano precoz. Esta variedad es de amplio consumo popular y presenta características agronómicas definidas (1,25). Conociéndose además su comportamiento a diferentes dosis de radiación gamma ^{60}Co (24,30).

Planta de ciclo vegetativo corto 60-75 días, con hábito de crecimiento definido, semirecto y productivo con vainas agrupadas y uniformes, semillas de color pardo con arilo de color marrón bien definido y con un índice de grano promedio de 20 gramos.

Las respuestas más notorias a las diferentes dosis de radiación gamma ^{60}Co son: en semillas con 7% de humedad la dosis letal media oscila entre LD_{50} 23.37 y 30 Krad. Las dosis de 0.4 - 0.8 - 1.6 Krad presentaron una mejor conservación del poder germinativo sin afectar la producción. Dosis de 3.2 Krad estimulan el incremento de vainas y peso de grano de esta variedad.

Semillas

Semillas frescas y puras, procedentes de la cosecha de 1971, con un tenor de humedad de 7% fueron proporcionados por el Departamento de Agronomía de la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Colocados en número de cincuenta e identificadas en bolsas de polietileno de espesor 0.05 mm (espesor despreciable de absorción de radiación gamma) fueron irradiadas con ^{60}Co en la fuente de radiación del Centro de Energía Nuclear

de Agricultura, CENA Piracicaba, Sao Paulo , Brasil.

Tratamientos

Catorce dosis de radiación gamma ^{60}Co constituyeron los tratamientos básicos.

1.-	0.0 Krad	8.-	4 Krad.
2.-	0.25 "	9.-	5 "
3.-	0.50 "	10.-	6 "
4.-	0.75 "	11.-	7 "
5.-	1 "	12.-	8 "
6.-	2 "	13.-	9 "
7.-	3 "	14.-	10 "

Diseño Experimental

Los catorce tratamientos tuvieron una disposición irrestrictamente al azar con dos repeticiones.

Siembra

Con el objeto de poder observar el efecto de las diferentes dosis de irradiación sobre el poder germinativo y seleccionar plantas normales y uniformes para el estudio, las semillas fueron sembradas en cuarzo estéril a igual profundidad y volumen de agua.

Fecha de siembra : 4 de Agosto de 1972
Fecha de germinación : 14 de Agosto de 1972

Desinfección

Durante el período de germinación, se observó un leve ataque de *Oidium*, que fue controlado con una sola aplicación de azufre mojable en la proporción de 0.2%

Transplante

Diez días después de la germinación, las plantas aparentemente normales de cada tratamiento fueron transplantadas a solución nutritiva completa de Arnon y Hogland, contenidas en bandejas de plástico de las siguientes dimensiones 69 cm x 43 cm x 19 cm colocando sólo un volumen de 36 litros. Ver fotografía N° 3

Fecha de transplante : 24 de Agosto de 1972

Número de Plantas

Doce plantas, separadas en dos filas de seis cada una constituyeron el número de plantas de cada tratamiento, con una separación de 20 cm. entre fila y de 10 cm. entre plantas.

Muestreos

Los muestreos de plantas de cada tratamiento fueron realizados con intervalo de 15 días después del transplante a solución nutritiva. Cinco días después del primer y tercer muestreo la solución nutritiva fue completado a su volumen original.

Primer	muestreo	8 de setiembre	Número	de	plantas		4
Segundo	"	23 "	"	"	"		2
Tercer	"	8 de Octubre	"	"	"		2
Cuarto	"	27 "	"	"	"		4

Medidas y Observaciones realizadas

Velocidad de germinación, mutaciones y deformaciones foliares altura de planta y largo de la raíz principal durante los diez primeros días de germinación en cuarzo estéril; peso seco de la raíz, parte aérea y total, crecimiento de la raíz principal, volumen de raices determinado en un equipo diseñado por Jiménez (19), area foliar, contenido de proteína determinado fotocolorimétricamente por el método de Biuret A (32).

Técnica de toma de muestras de granos para el análisis de proteína

De acuerdo a las recomendaciones de Favret y Dumanovic (8,10) se realizó la toma de muestra de grano con el fin de determinar el contenido de proteina absoluta por semilla y no por porcentaje de grano seco.

De esta manera, en la época de cosecha cuando cada tratamiento presentaban 100% de sus vainas maduras, se separaron solamente los granos centrales de todas las vainas cosechadas, tomándose luego de la parte central de cada una de ellas una porción uniforme para completar un gramo de muestra representativa de cada tratamiento.

Método seguido para el aislamiento de la proteína de los granos

El procedimiento químico de aislamiento de la proteína fue realizado de la siguiente manera: un gramo de muestra de semilla de cada tratamiento fue molido a mano en un mortero, lavándose por dos veces consecutivas con 10 ml de 80% de Etanol hirviendo, llevado a centrifugación por 10 minutos a 12,000 rev, desechándose el sobrenadante.

El precipitado es convertido a pasta uniforme con 8 ml de Na (OH)- 0.1 N y guardado durante una noche bajo refrigeración.

Al día siguiente las muestras fueron centrifugadas a 12,000 rev p. 10 min. comenzándose a colectar el sobrenadante del precipitado, el cual fue extractado por tres veces consecutivas con Na (OH) 0.1 N con las siguientes cantidades 8 ml la primera extracción, 8 ml la segunda extracción y 6 ml la tercera extracción, completándose al final con la misma solución extractora a un volumen exacto de 25 ml. De este supernatante homogéneo colectado, se tomó una alicuota de 5 ml añadiéndose inmediatamente 5 ml de ácido triclora acético TCA a 10% el cual es llevado a centrifugación por 12,000 rev p. 10 min. el sobrenadante es desechado, obteniéndose de esta manera la proteína aislada y precipitada.

Preparación de la proteína aislada para lectura fotocolorimétrica

La proteína aislada, se diluyó con 10 ml de Na (OH) 0.1 N tomándose una alicuota de esta dilusión de 1 ml para añadirse 4 ml del reactivo de Biuret, de esta forma se obtuvo una reacción típica colorimétrica del reactivo. La lectura colorimétrica de las muestras fue realizado en espectofotómetro Coleman modelo 6-20 a 540 mu y los valores numéricos correspondientes fueron obtenidos a través de una curva patrón por el método de Biuret - A con una sensitividad de 1-10 mg (32).

Resultados

Con la posibilidad de poder observar en M_1 correlaciones de algunos carácteres morfológicos con el contenido de proteína en los granos, se realizaron controles y medidas de algunas variables, cuyos promedios, significación estadística, coeficiente de variabilidad, tipo de ecuación de regresión se dan en la tabla N° 1 y N° 2.

Las representaciones figuradas de los promedios de cada variable analizada se muestran en los gráficos del N° 1 al N° 13.

Las apreciaciones de las tendencias de estímulo observados en las diferentes dosis de radiación se dan en la tabla N° 3. Habiéndose designado con signo mas (+) para los estímulos positivos, signo negativo (-) para los estímulos negativos, con dos signos (+ +) para los estímulos positivos muy notables y con dos signos negativos (- -) para los estímulos negativos muy diferenciables y constantes encontrados en todos los muestreos. Esta tabla se presenta sólo en base a las tendencias indicadas en los gráficos sin ninguna correlación con su significación estadística indicando sólo los efectos de radiación con las variables en forma independiente.

Las correlaciones estadísticas entre el porcentaje de proteína versus algunas variables, se encuentran en la tabla N° 4.

Las correlaciones estadísticamente significativas encontradas para la variable peso seco total de planta a los 15 días, se expresa en la tabla N° 5.

TABLA Nº 1

EFECTO DE LA RADIACION GAMMA ^{60}CO SOBRE ALGUNOS CARACTERES MORFOLOGICOS - PHASEOLUS VULGARIS
VARIEDAD: GOIANO PRECOZ.

	10 dias después germinacion cuar.	Efectos de estímulo después de transplantado en solución nutritiva completa																
Dosis radiación en Krad	Alt. da	Crecimiento de la raiz principal en cm. al plan.					Peso seco de raíz gr.			Peso seco p.area gr.		Peso seco total gr.		Volumen de raices/cm³			Area foliar	
	planta cm.	cm	15 dias	30	75	15 dias cm	15 dias	30	75	15 dias	30 dias	15 dias	30	15 d.	30	75	15	30
	$\bar{X}$ 24	$\bar{X}$ 24	$\bar{X}$ 8	$\bar{X}$ 4	$\bar{X}$ 8	$\bar{X}$ 8	$\bar{X}$ 4	$\bar{X}$ 4	$\bar{X}$ 8									
0	10.3	11.8	35.1	53.0	55.5	24.4	0.35	1.39	1.57	2.13	9.07	2.48	10.46	5.2	35.75	37.70	24.44	84.28
.25	10.5	10.5	35.3	45.0	54.0	25.5	0.38	1.39	1.65	2.05	9.20	2.43	10.59	5.4	34.77	42.70	26.50	78.80
.50	10.3	10.2	30.0	37.0	48.0	22.3	0.32	0.87	1.40	1.67	7.64	1.99	8.81	4.8	23.82	35.80	23.15	49.17
.75	10.0	7.9	36.4	49.0	64.8	22.6	0.31	1.32	1.69	1.71	9.68	2.02	11.00	4.3	35.15	41.70	24.61	84.42
1	10.7	6.8	33.2	47.0	63.0	24.9	0.31	1.29	1.54	1.76	11.03	2.07	12.32	4.1	34.75	40.10	25.16	54.68
2	9.5	5.3	36.5	56.0	72.0	22.8	0.31	1.09	1.82	1.47	8.05	1.78	9.14	5.0	33.12	38.70	31.20	78.15
3	10.1	5.9	31.6	49.0	64.0	22.6	0.28	0.93	1.53	1.64	7.70	1.92	8.63	4.2	27.17	40.00	19.77	48.10
4	10.4	6.0	33.2	57.0	66.4	24.1	0.33	1.31	1.75	1.86	8.43	2.19	9.74	5.0	29,63	43.20	26.87	81.30
5	10.5	5.7	30.8	52.0	58.0	23.5	0.32	1.34	1.85	1.83	8.32	2.15	9.66	6.6	33.17	45.00	29.56	92.47
6	8.9	5.8	31.3	50.0	58.5	18.7	0.23	1.26	1.80	1.30	5.95	1.53	7.21	4.6	28.17	42.00	23.96	69.95
7	9.2	5.9	35.0	67.0	83.8	17.2	0.22	1.18	1.46	1.30	9.62	1.52	10.80	3.7	33.60	41.00	18.42	59.41
8	9.6	5.6	32.4	56.0	75.3	19.5	0.24	0.97	1.51	1.51	7.79	1.75	8.76	4.1	27.05	41.10	15.14	59.91
9	10.4	5.1	35.5	62.0	80.0	19.5	0.25	1.10	2.14	1.37	9.07	1.62	10.17	4.2	30.12	54.00	19.15	65.37
10	9.1	3.7	31.7	58.0	74.1	16.9	0.21	0.71	1.62	1.13	4.80	1.34	5.51	3.7	19.12	40.00	13.96	30.40
Signif.estadística	No	Si **	No	Si **	Si **	Si **	Si **	No	No	Si *	Cerca el nivel 05	Si **	No	Si **	Si **	Si **	Si **	Si **
Coef. variabilidad	6.2 %	8.3	7.9	1.9	0.8	8.9	9.7	23.0	22.7	13.7	15.0	11.8	15.4	1.5	2.4	1.1	2.6	0.7
Ecuac. regresión		Nº 1		Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5			Nº 6	Nº 7	Nº 8		Nº 9	Nº10	Nº 11	Nº 12	Nº 13
Tipo de ecuación	Tipo de ecuación	Polinominal 4º grado		Polin. 3º grado	Polin. 4º grado	Lineal 1º grado	Lineal 1º grado			Lineal 1º grado	Polin. 4º grado	Lineal 1º grado		Polin. 4º grado	Polin. 4º grado	Polin. 4º grado	Polin. 4º grado	Polin. 4º grado

TABLA N° 2

Efecto de la Radiación Gamma ^{60}Co sobre el número de vainas, rendimiento de grano, porcentaje y rendimiento de proteína.-

Variedad: Goiano Precoz
Phaseolus vulgaris

Dosis de radiación en Krad	N° de vainas planta $\bar{X}$ 8	Rendimiento de grano/planta $\bar{X}$ 8	Porcentaje de proteína $\bar{X}$ 8	Rendimiento de proteína planta $\bar{X}$ 8
0	12.25	14.33 grs.	16.75%	2.49 grs
.25	12.50	14.55	17.68	2.57
.50	10.62	14.08	18.82	2.65
.75	13.25	14.49	18.85	2.80
1	12.25	12.90	21.75	2.80
2	11.50	10.30	22.55	2.35
3	12.50	14.98	20.25	3.03
4	12.62	16.69	18.55	3.08
5	14.00	14.97	21.50	3.20
6	11.12	10.76	22.75	2.47
7	11.12	12.67	24.87	3.20
8	7.50	10.74	21.45	2.30
9	10.25	11.92	33.25	2.77
10	6.50	6.72	20.00	1.48
Significación Estadística Aproximación a 0,05		Si* DUDOSO	Si**	NO
Coeficiente de Variabilidad %	17.	17.5	6.0	23.0
Tipo de ecuación	cuadrática	cuadrática	Polinomial 4° grado	
N° de ecuación	N° 14	N° 15	N° 16	

ECUACIONES DE REGRESION DE LAS VARIABLES OBSERVADAS

N° 1 $YE = 11.895 - 5.754\ X + 1.694\ X^2 - 0.192\ X^3 + 0.007\ X^4$

N° 2 $YE = 46.470 + 0.942\ X + 0.291\ X^2 - 0.026\ X^3$

N° 3 $YE = 49.582 + 22.753X + 9.764\ X^2 + 1.518\ X^3 - 0.074\ X^4$

N° 4 $YE = 24.542 - 0.686\ X$

N° 5 $YE = 0.337 - 0.0118X$

N° 6 $YE = 7.570 - 0.235\ X$

N° 7 $YE = 17.804 + 2.075\ X - 1.639\ X^2 + 0.328\ X^3 - 0.019\ X^4$

N° 8 $YE = 8.919 - 0.283\ X$

N° 9 $YE = 5.304 - 1.555\ X + 0.785\ X^2 - 0.125\ X^3 + 0.006\ X^4$

N° 10 $YE = 33.192 - 0.519\ X - 0.612\ X_2 + 0.184\ X^3 - 0.013\ X^4$

N° 11 $YE = 38.317 + 3.048\ X - 1.327\ X^2 + 0.234\ X^3 - 0.012\ X^4$

N° 12 $YE = 25.082 - 0.585\ X + 0.891\ X^2 - 0.210\ X^3 + 0.011\ X^4$

N° 13 $YE = 79.109 - 21.679\ X + 9.253\ X^2 - 1.280\ X^3 + 0.052\ X^4$

N° 14 $YE = 47.149 + 2.619\ X - 0.456\ X^2$

N° 15 $YE = 13.759 + 0.545\ X - 0.109\ X^2$

N° 16 $YE = 16.884 + 4.841\ X - 1.867\ X^2 + 0.283\ X^3 - 0.0139X^4$

TABLA Nº 3

Estímulo de la radiación gamma ^{60}Co sobre algunos caracteres de proteína en *Phaseolus vulgaris* - Variedad Goiano precoz .

	Dosis de Radiación Gamma ^{60}Co en Krad													
Variables observadas	0	.25	.50	.75	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Velocidad de germinación				+										
2. Atraso en la germinación, floración y maduración									-	-	- -	- -	- -	- -
3. Mutaciones somáticas y deformaciones foliares									-	-	-	-	-	-
4. Altura de planta (10 días en cuarzo)		+			+	-				-				-
5. Longitud de raíz (10 días en cuarzo)						- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
6. Altura de planta 10-15 días (en sol.nut.completa)		+			+	-		+	-					
7. Longitud de raiz 10-30-75 (" " " ")			- -	+		+		+	-	-	+		+	
8. Peso seco de raices 15-30-75(" " " ")		+	- -	+		+		+	+	+	-	-	+	-
9. Peso seco p. aerea 15-30 (" " " ")			- -		+ +			-	-	- -	+ +		+ +	
10. Peso seco total 15-30 (" " " ")			- -	+	+ +			-	-	- -	+ +		+ +	
11. Volumen de raices 15-30 (" " " ")		+	- -						+				+ +	
12. Area foliar 15-30 días (" " " ")			- -				- -	+	+		-	-		-
13. Porcentaje de Proteina en los granos					+	+	+		+	+	+ +	+ +	+	+
14. Número de vainas por planta		+	- -	+		-	+	+	+	-	-	- -	-	- -
15. Rendimiento de grano por planta					-	- -	+	+ +	+	- -	- -			
16. Rendimiento de proteina por planta				+	+	- -	+	+	+ +		+ +	-	+	- -

\+ Estímulo ++ Estímulo muy notable - Efecto negativo -- Efecto negativo muy diferenciable

TABLA N° 4

Correlaciones existentes entre el Porcentaje de Proteína en los granos versus algunas variables analizadas.-

$r_{0.05}$ tabular = 0.532 $r_{0.01}$ tabular = 0.661

% Proteína vs. Altura planta a los 10 días	r_c = -0.549	cor.	negativa	*
% Proteína vs. Largo de raíz p. 10 días	r_c = -0.786	"	"	**
" " vs. Alt. planta 15 d. sol. nutr.	r_c = -0.704	"	"	**
" " vs. Largo raíz 30 días sol. nut.	r_c = 0.599	"	positiva	*
" " vs. " " 75 " " "	r_c = 0.709	"	"	**
" " vs. Peso seco raíz 15 d." "	r_c = -0.793	"	negativa	**
" " vs. Peso seco p.aér. 15 d.s.n.	r_c = -0.802	"	"	**
" " vs. Peso seco total 15 días	r_c = -0.811	"	"	**

TABLA N° 5

Correlaciones estadísticas existentes entre el peso seco total a los 15-días con algunas variables

Peso seco total de la planta	v_s volumen 15 días correlación positiva	*
a los 15 días en sol. nutritiva	v_s largo raíz 15 días corr. negativa	*
"	v_s altura de planta 15 d. corr. posit.	*
"	v_s largo raíz 10 días corr. positiva	*
"	v_s altura planta 10 días corr. posit.	*
"	v_s area foliar 15 días corr. positiva	*
"	v_s area foliar 30 días corr. positiva	*
"	v_s n° de vainas correlación positiva	*
"	v_s rendimiento de grano corr. posit.	*
"	v_s % da proteína en los grano cor.neg.	**

Discusión e Interpretación

La presente investigación se desarrolló sobre la base de la siguiente hipótesis:

"Los efectos de estímulo provocados por radiación ionizante, sobre cambios morfológicos no son heredables; pero es probable que ellos esten relacionados con cambios fisiológicos y bioquímicos que afectan la síntesis de proteína en el cultivo del frijol".

Con este propósito, las observaciones de las diferentes variables fueron analizadas y correlacionadas con el objetivo principal del proyecto.

En las observaciones sobre germinación de las semillas irradiadas, se observó una mayor velocidad de germinación con dosis. 0.75 Krad y uniformidad para las dosis 0 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 3 y atraso de dos o tres cuatro y cinco días para las dosis 4 y 5, 6 y 7, 8, 9 y 10 krad respectivamente, presentando además un menor porcentaje de germinación. Ver foto N° 1

A pesar de que las semillas con 0.75 Krad germinaron primero, el desarrollo de ellas fue aparentemente igual con las dosis de 0 - 0.25 - 0.50 - 1 - 2 - 3 - 4 y 5 Krad., diferenciándose marcadamente las dosis altas por presentar las plantas un desarrollo lento y adhesión de los cotiledones aún después de los diez primeros días de germinación. Ver foto N° 2a, 2b.

El crecimiento de la raíz principal durante los diez primeros días, fue el carácter morfológico más afectado negativamente, observándose una depresión brusca de crecimiento hasta 2 Krad a partir del cual se mantiene un crecimiento reducido en un 50% con respecto al testigo con valores que arrojaron una alta significación estadística. Ver gráfico N° 1.

Estos resultados observados durante los diez primeros días, nos permiten establecer un marcado efecto de las radiaciones gamma-^{60}Co sobre y durante la germinación, así como los primeros estados de desarrollo de la planta (24, 33, 34, 38), cuyos valores se encontraron altamente correlacionados con el contenido de proteína, con probabilidades de 0.05% y 0.01% para el crecimiento de la raíz principal y altura de planta respectivamente. Ver tabla N° 4.

Las primeras observaciones sobre el desarrollo de las plantas en soluciones nutritivas, se observó que a partir de 2 Krad todas las plantas de todos los tratamientos presentaron sus dos primeras hojas un aspecto coreáceo con abundante pigmentación blanca, con un bajo índice de mutaciones a partir de 2 Krad. y con abundantes deformaciones foliares a partir de 5 Krad a más. Ver foto N° 4a y 4b.

Por la precocidad genética de esta variedad, se observó también la formación y brotamiento uniforme de las yemas florales en todos los tratamientos a partir de los 15 días después del transplante, límite que se utilizó para medir la altura de planta a partir del cuello de la raíz hasta el primer brote superior, que correlacionados con el porcentaje de proteína arrojó una alta y negativa correlación estadística.
Ver tabla N° 4 y gráfico N° 3.

Pero aunque el brotamiento de las yemas florales fue uniforme,

el desarrollo de ellas fue diferente, presentando igual número de días de atraso que la germinación, para la formación de flores y frutos, así como su maduración, el cual fue prolongado en cinco días más para la dosis de 10 Krad. Ver foto N° 9a, 9b, 9c. Con referencia a las ramificaciones internas de la planta, se observó una prolongación y fasceamiento de las ramas en las dosis de 2 -4 - 6 y 9 Krad. Ver foto N° 10a, 10b, 10c.

El crecimiento de la raíz principal durante los 15, 30 y 75 días después del transplante en solución nutritiva, presentó una respuesta negativa con respecto al estímulo inicial observándose un estímulo de crecimiento altamente significativo y constante a partir de los 30 y 75 días, pero de comportamiento oscilatorio respecto a su ecuación de regresión. Estos valores dieron también una alta correlación positiva con el porcentaje de proteína.

La diferencia observada entre el efecto principal y durante el desarrollo de la planta, indican que estos efectos de estímulo no es un fenómeno permanente, que varía por el medio ambiente y por lo tanto no heredables (38). Ver gráfico N° 2 y fotos N° 6a, 6b, 6c, 6d.

Habiéndose comprobado, que los rendimientos de materia fresca son los menos indicados para determinar los efectos de la radiación (34); los pesos secos de la raíz parte aérea, y total determinados en el experimento mostraron una clara tendencia de estímulo, llegando a ser solo significativos para el muestreo realizado a los 15 días después del transplante, con un comportamiento lineal de regresión para la materia seca de raíz, parte aérea y total, valores que fueron alta y negativamente correlacionados con el porcentaje de proteína al nivel 0.0 1%. Ver tabla N° 4 y gráficos N° 4 - 5, 6 y 7.

El análisis estadístico de las medidas de volumen de raices, verifican diferencias significativas entre las dosis empleada, pero su análisis de regresión revela un comportamiento oscilatorio dentro de la faja de radiación del ensayo. Estas observaciones están confirmadas por la ecuación de regresión, el cual fue de un polinomio de 4° grado, pero con tendencia a ser de un grado superior sujeto a confirmación. Ver gráfico N° 8 y fotos N° 7.

Los análisis estadísticos de los incrementos de area foliar, también mostraron una alta significación del efecto de las dosis de radiación con incrementos para las dosis de 4 y 5 Krad y efectos negativos para 0.5 - 1 - 3 - 7 - 8 y 10 Krad. Esta significación también fue de un comportamiento oscilatorio de grado superior a 4 el cual estaría sujeto a confirmación. Ver gráfico N° 9 y foto N° 8.

Los efectos de estímulo de crecimiento de la raíz principal, volumen de raices y area foliar, son atribuídos a una rápida división celular y no al aumento de tamaño de ellas, ya que por las investigaciones de Tavcar (38) se demostró el igual tamaño que tienen las células epidérmicas irradiadas con respecto a los controles.

En relación a los valores encontrados del porcentaje de proteína en los granos, se puede establecer la existencia de un probable y significativo efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre la síntesis e incremento de este compuesto, con un comportamiento oscilatorio dentro de la faja de radiación de acuerdo a su ecuación de regresión, cuyos valores de incremento oscilaron de 105% a 148% de aumento relativo sobre el testigo para las dosis de 0.25 Krad y 7 Krad, respectivamente. Ver tabla N° 2 .

Los incrementos de rendimiento de grano observados en el experimento pueden ser atribuídos al bajo y reducido número de semillas irradiadas utilizadas para apreciar esta variable. De todos modos, las investigaciones realizadas por Marcos (24) con la misma variedad indican también tendencias de incremento de rendimiento a partir de la dosis de 3.2 Krad.

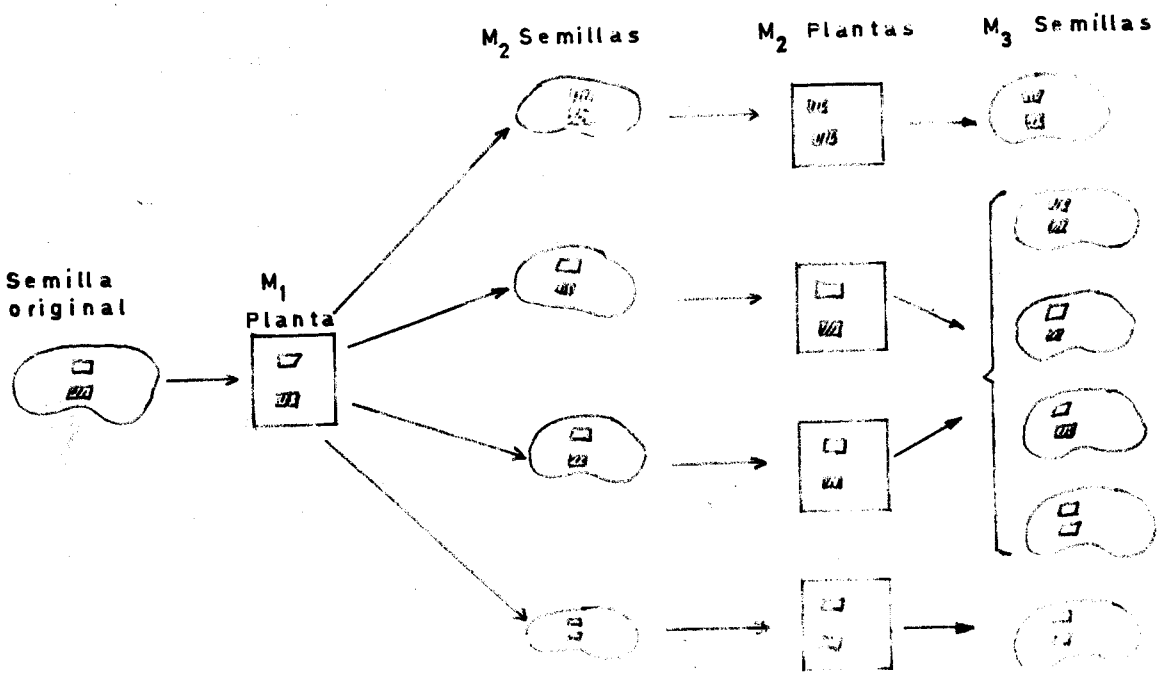
Los rendimientos de proteína por planta (extracción), si bien no llegaron a ser significativos, muestran tendencias de incremento de carácter oscilatorio afectado por la gran variabilidad de los rendimientos de grano.

La desventaja observada, del bajo rendimiento de grano en los tratamientos con alto contenido de proteína o viceversa, es un índice de gran utilidad radiogenética ya que demuestra la gran posibilidad de seleccionar para programas de mejoramiento líneas con alto contenido de proteína.

Aunque se recomienda para estos tipos de estudios utilizar semillas de la M_2 para obtener una mejor prueba de los efectos de radiación sobre el contenido de proteína. Las investigaciones de Favret, Garonov, López y Micke (10,12,26,28), demuestran que el análisis de proteína de las semillas de M_1 dan una buena indicación de los cambios surgidos por efecto de la radiación. Este fenómeno es fácilmente comprensible en razón de que las semillas de las leguminosas son simples casos donde el embrión es diploide, en la cual se almacenan todas las sustancias de reserva de interés considerándose por ello la generación M_1 factible de observar cualquier cambio que puede ser sólo establecido en la M_2. Ver figura N° 1.

Figura N° 1

Segregación para factor de proteína en plantas de leguminosas (26)



Por los resultados obtenidos, puede surgir indudablemente la siguiente pregunta: ¿ Cómo es posible que haya incremento de síntesis de proteína si se ha comprobado que por efecto de radiación hay

a.- Inhibición de clorofila en cloroplastos de Phaseolus (21)

b.- Inhibición de sustancias reguladoras (ácido-indol 3 acético) (11)

c.- Inhibición de RNA y ribosomas ?

A pesar de todas estas observaciones negativas anotadas en la pregunta, se ha comprobado que la síntesis de proteína es poco afectada aun por dosis relativamente altas de radiaciones gamma ^{60} Co. Formulándose diversas hipótesis , de las cuales la más aceptable es la siguiente: (21,31)

"La síntesis de la proteína puede continuar aún después de la irradiación debido a la presencia de moléculas mensajeras de RNA (m-RNA) de probable vida larga y de alta radioresistencia, encontrándose protegidos por un complejo proteínico RNA o poliribosomas estables que formanparte de un gene, pudiendo estar o no presente en estado alélico activo, pero volviéndose aún más activas después de la irradiación, siendo capaces de producir el pre-estímulo de formación de m-RNA y la subsecuente acumulación de proteína".

En resumen, nos encontramos todavía muy lejos de comprender y explicár el mecanismo y la naturaleza del estímulo provocado por las radiaciones; atribuídos en parte al desbalance de la síntesis de DNA y activación de la nucleasa después de la radiación (31), supervivencia de las micropartes del m-RNA (10,21), existencia de reguladores de genes (10).

Condiciones todas que pueden influir sobre la síntesis de la proteína y sus efectos finales; pero cuyo fenómeno puede ser susceptible de ser controlado por el hombre mediante la aplicación de la energía nuclear u otros agentes mutantes.

Conclusiones

Se encontró :

1.- En M_1 un marcado efecto altamente significativo de la radiación gamma ^{60}Co sobre la síntesis de proteína.

2.- Aumentos relativos del porcentaje de proteína que osciló de 105% a 148% para las dosis de 0.25 y 7 Krad con referencia al control.

3.- Correlaciones negativas estadísticamente significativas del porcentaje de proteína versus altura de planta y largo de la raíz principal a los diez días después de la germinación y altura de planta, peso seco de la raíz, parte aérea y total 15 días después del transplante en solución nutritiva completa.

4.- Correlaciones estadísticamente significativas positivas del porcentaje de proteína versus largo de raíz a los 30 y 75 días después del transplante.

5.- Un marcado efecto de las radiaciones gamma ^{60} Co, sobre, durante la germinación y los primeros estados de desarrollo de la planta.

6.- La dosis de radiación 0.50 Krad presentó un efecto negativo y consistente en todos los muestreos de las variables estudiadas.

Recomendaciones

El presente experimento pertenece a un proyecto integral que está conduciendo la sección de Bioquímica del Centro de Energía Nuclear de Agricultura y cuyo título es : "Estudio de la síntesis de proteína del cultivo de frijol". Por lo cual, de acuerdo a su coordinador Dr. O.J. Crócomo, las recomendaciones serán dadas al finalizar dicho proyecto.

Agradecimientos

A los Srs. Lineu Domingos Maz. Delfini, Marco Antonio Castilha y Perseo Fernando dos Santos, sin cuya colaboración y ayuda me hubiera sido imposible concluir la presente investigación durante el limitado tiempo de mi contrato.

Revisión de Literatura

1.- ABRAHÃO, J.T.N. 1971 - Contribução ao estudo de efeitos de danificações mecânicas em sementes de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) Tese para - obtenção do título de Doutor em Agronomia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. 112 pg.

2.- AMIRSHAHI, M.C., M. TAVAKOLI. 1970. Protein content of diferent varieties of five species of pulses crops. Improving Plant Protein by - Nuclear Techniques IAEA - Viena 1970

3.- BALINT, A., A. MENYHERT., J. SUTKA y otros. 1970. Increasing the - protein content of maize by means of induced mutants. Improving Plants Protein by Nuclear Techniques. Proc. Symp. IAEA - Viena 1970

4.- BATHIA, C.R., D.R. JAGAWITAHAN y otros. 1970. Induced micro-mutants - for major protein fractions technique in wheat. Improving Plant Protein by Nuclear Technique. Proc. Symp. IAEA - Viena 1970.

5.- BUZZATI, T.A. 1962. Estrategia capaz de eliminar ou pelo menos reduzir a escassez de proteínas de que sofrem tantos paises em desenvolvimientos. Informe a la Reunión de Consejeros de la ONU Feb. 1972.

6.- BOROJOVIC, K. SBOROJEVIC. 1972. Mutation Breeding in Wheat. Plant - Improvement. Proc. IAEA Bs. Aires - 1972

7.- DUMANOVIC, J. and L. EHRENBERG. 1968. Modern breeding methods for improving protein quality and quantity in plants. Isotopes Studies on the Nitrogen Chain. Proc. Symp. IAEA - Viena - 1970

8.- DUMANOVIC, J.L. EHREMBERG, M. DENIC. 1970. Induced variation of protein content and composition in hexaploid wheat. Improving Plant Protein by Nuclear Techniques. Proc. Symp. IAEA - Viena - 1970

9.- EFFECTS OF LOW DOSES OF RADIATION ON CROP PLANTS - 1966. Tech. Rep. N° 64. Int. Atomic Energy Agency - 1966

10.- FAVRET, E.A., L. MANGHERS y otros. 1970. Gnene Control of protein production in cereal seeds. Improv. Plant Protein by Nuclear Techniques.- Proc. Symp. Viena. 1970.

11.- FLAIG, W. and G. SCHMID. 1966. Comparison of the effect of chemical - compunds and low doses of radiation on plant metabolism. IAEA. Tech.- Rep. N° 64

12.- GARNOV A.I., S.I. TODOROV. and A.P. ANGELOV. 1970. The effect of gamma irradiation prior to sowing upon the growth, development and raw - protein of Phaseolus vulgaris, var. sub-compressus. All. God. - Sofiiskya Univ. Biol. Fak. Kan. Bot. Mikrobiol. Fiziol. Biokhim. Rast. 61: 315-329. In. Biological Abstract 51 (6): 3304

13.- GOTTSCHALK, W., H. MULLER, 1970. Monogenic alteration of seed protein content and protein pattern in X ray - induced Pisum mutants. Impro-

ving Plant Protein by Nuclear Techniques. Proc. Synp. IAEA, - Viena 1970.

14.- HARTWIG, E.E. - 1969. Breeding soybeans for high protein content - and quality. New approaches to Breeding For Improved Plant Protein- Panel Rostanga - 1968 - IAEA

15.- HAQ, M.S., N. CHOUDHURY, M.M. RAHMAN. 1970. Breeding for high protein content and quality of rice through induced mutation. Improving Plant protein by Nuclear Techniques. Proc. Symp. IAEA, Viena 1970

16.- INDUCED MUTATIONS AND PLANT IMPROVEMENT. 1972 - Proc. FAO-IAEA.Bs.- Aires. 1970

17.- IMPROVING PLANT PROTEIN BY NUCLEAR TECHNIQUES - Proc. Symp. FAO-IAEA 1970

18.- JALIL M.E. and W.M. TAHIR. 1970. Review of the world's plant pro - tein resources. Improving Plant Protein by Nuclear Techniques. Proc Symp. FAO-IAEA - Viena - 1970

19.- JIMENEZ, E.J. SALAZAR y V. PICADO. 1967. Un método para medir el volumen radical de plantas de Cacao (Theobroma cacao). Cultivados en - hidroponia. Turrialba - vol. 17 - n. 1 - IICA. Costa Rica.

20.- KAMRA O.P. 1972. Breeding and screenig techniques for seed protein - improvement in crop plants. Induced Mutations and Plant Improvement- Proc. FAO-IAEA Bs. Aires 1970

21.- KIRCHMANN, R.H., S. BONATTO. 1970. Protein synthesis in irradiated- Acetabularia and Phaseolus. Improv. Plant Protein by Nuclear Techniques. Proc. Symp. Viena FAO-IAEA 1970

22.- KOO, F.K.S. 1972. Mutation breeding in soybeans. Induced Mutation - and plant improvement. Proc. Bs. Aires - FAO-IAEA - 1970

23.- LOPEZ MARTINES, D.A.L. 1970. Efectos de las radiaciones gamma ^{60}Co en el contenido proteico del trigo. Improving Plant Protein by Nuclear- Techniques

24.- MARCOS, J. 1971. Efietos de Radiações gamma ^{60}Co na conservação da - semente e na produtividade do feijoeiro. Phaseolus vulgaris L. Tese para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Escola Superior de - Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. 91 p.

25.- MENEGARIO, A. 1964. Cultura do feijao. DATE/SIR. Serie de Instru - ções Técnicas N° 9 - Campinas - 139 pg.

26.- MICKE A. 1970 Genetic aspects of selection for protein after muta - tion induction. Improving Plant Protein by Nuclear, Techniques. Proc Symp. IAEA, Viena - 1970

27.- NEW APPROACHES TO BREEDING FOR IMPROVED PLANT PROTEIN - 1969. Proc.- Panel. FAO/IAEA Rostanga - 1968

28.- PANEL ON THE USE OF THE ISOTOPES FOR STUDY OF FERTILIZER UTILIZATION BY LEGUME CROPS. 1971. Joint FAO-IAEA. División of Atomic Energy in Food. Viena 8-12. Nov. 1971.

29.- PARPIA, H.A.B. 1970. Bridgen the Protein Calories Gap Improvement - Plant Protein by Nuclear Techniques Proc. Symp. FAO/IAEA. Viena - 1970

30.- SANTOS, F.D.P., J. MARCOS. 1971. Determinacao de doses letais de - raios gamma ^{60}Co para sementes de tres variedades de feijao. Cen - tro de Energia Nuclear na Agricultura. CENA. Relatório 1971 - pg. 38-39

31.- SIMONIS, W. 1966. Physiological problems related to the effects of- small doses of radiation on plants. IAEA. Tech. Rep. N° 64

32.- STERLING, CH. Biochemistry Laboratory Techniques. John Wiley, Sons. Inc. New York. London. 169 p. 1966

33.- SPARROW, A.H. 1966. Plant growth stimulation by ionizing radiation IAEA. Tech. Rep. N° 64

34.- SUSS, A. 1966. Effect of doses of seed irradiation on plant growth IAEA. Tech. Rep. N° 64

35.- SWAMINATHAN M.S. 1972 Mutational Reconstruction of crop ideotypes - induced mutations and plant improvement. Induced Mutations and Plant Improvement Bs. Aires FAO - IAEA - 1970

36.- SWAMINATHAN M.S., M.S. NAIK y otros. 1970. Choice of Strategy for the genetic upgranding of protein properties in cereals, millets, - and pulses. Improv. Plant Protein by Nuclear Techniques. Proc. Symp. Viena - FAO - IAEA - 1970

37.- TANAKA S., Y. TAKAGI 1970. Protein content of rice mutants impro - ving Plant Protein by Nuclear Techniques. Proc. Symp. IAEA - Viena- 1970

38.- TAVCAR A., 1966. Stimulation effects of low doses of radiation - IAEA Tech. Rep. N° 64

39.- ZOKRABIAN R.P., K.K. SIDOROVA, 1970. The use of stimulation and muta genic doses to increase protein content and improve protein quality - in maize and peas. Improving Plant Protein by Nuclear Techniques. - Proc. Symp. - Viena - 1970

Relación de gráficos

Gráfico N° 1	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el crecimiento de la raíz principal y altura de planta 10 días después de la germinación	pg. 24
Gráfico N° 2	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el crecimiento de la raíz principal 15 - 30 y 75 días	pg. 24
Gráfico N° 3	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre la altura de - planta 10 y 15 días	pg. 25
Gráfico N° 4	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el peso seco - de la raíz 15 - 30 - 75 días	pg. 25
Gráfico N° 5	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el peso seco - de la parte aérea 15 y 30 días	pg. 26
Gráfico N° 6	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el incremento- de peso seco de la raíz, parte aérea y total a los 15 d.	pg. 26
Gráfico N° 7	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el peso seco - total de la planta	pg. 27
Gráfico N° 8	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el volumen de- las raices	pg. 27
Gráfico N° 9	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el area foliar	pg. 28
Gráfico N°10	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el porcentaje- de proteína en los granos	pg. 28
Gráfico N°11	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el número de - vainas	pg. 29
Gráfico N°12	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre rendim. granos	
Gráfico N°13	Efecto de la radiación gamma ^{60}Co sobre el rendimiento de proteína	pg. 30

GRAFICO Nº 1

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL CRECIMIENTO

DE LA RAIZ PRINCIPAL Y ALTURA DE PLANTA

10 DIAS DESPUES DE LA GERMINACION EN CUARZO

Phaseolus vulgaris

Variedad : Goiano precoce

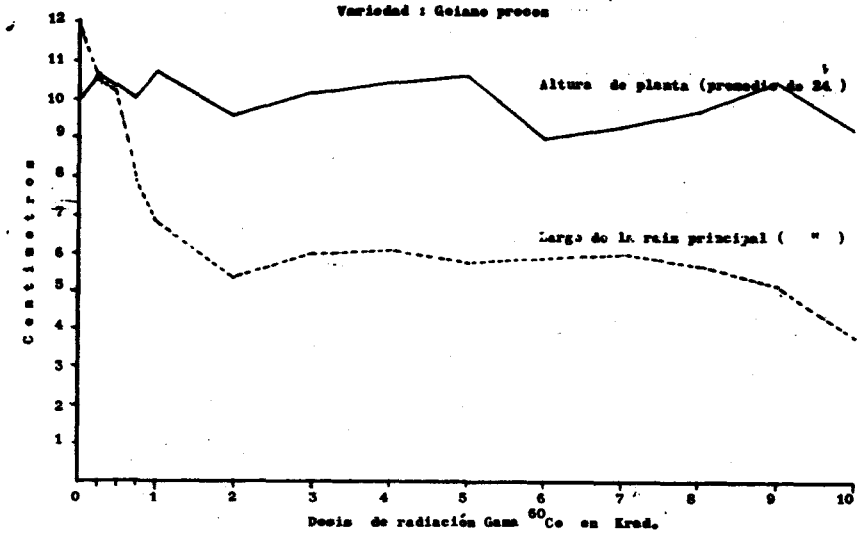


GRAFICO Nº 2

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co. SOBRE EL CRECIMIENTO DE

LA RAIZ PRINCIPAL

Phaseolus vulgaris

Variedad: Goiano precoce

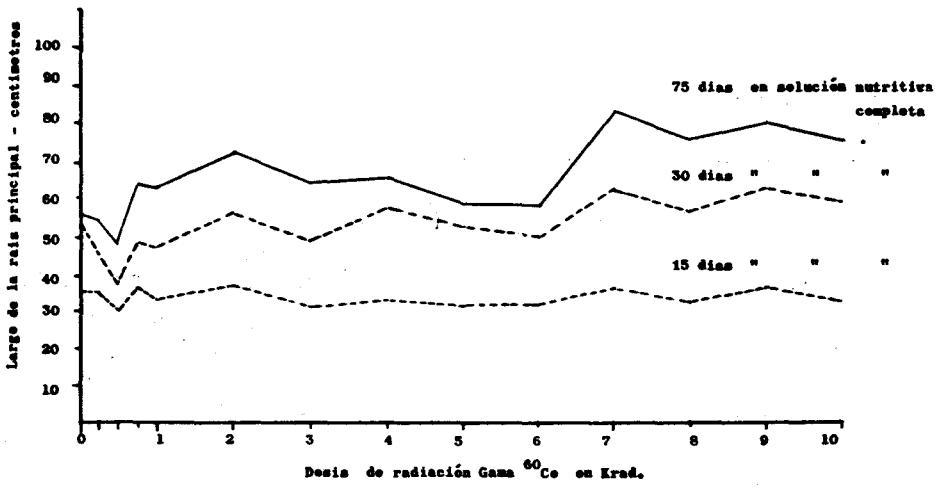


GRAFICO Nº 3

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE LA ALTURA DE LA PLANTA

Phaseolus vulgaris

Variedad: Goiano precoz

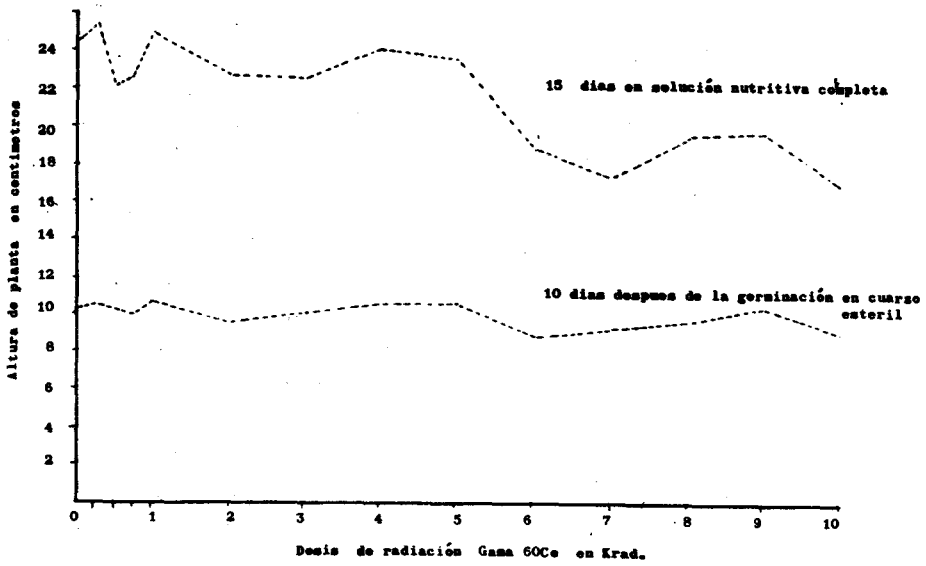


GRAFICO Nº 4

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL PESO SECO DE LA RAIZ

Phaseolus vulgaris

Variedad : Goiano precoz

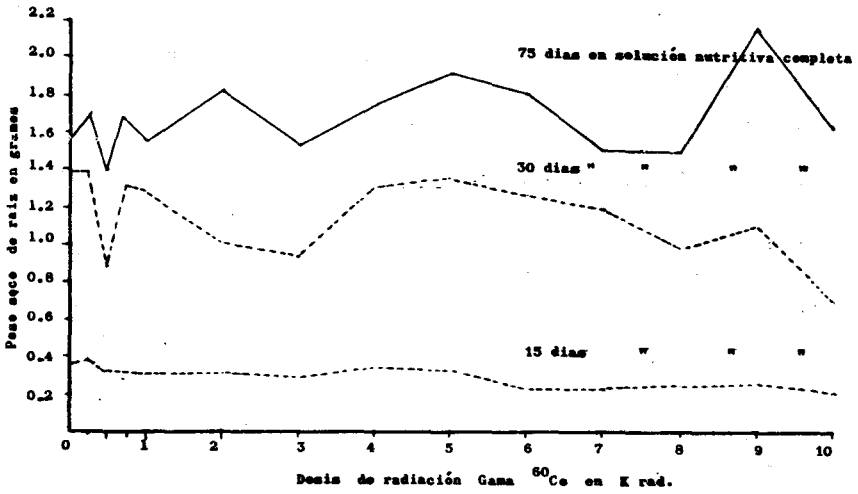


GRAFICO Nº 5

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL PESO SECO DE LA PARTE AEREA

Phaseolus vulgaris

Variedad: Goiano precoz

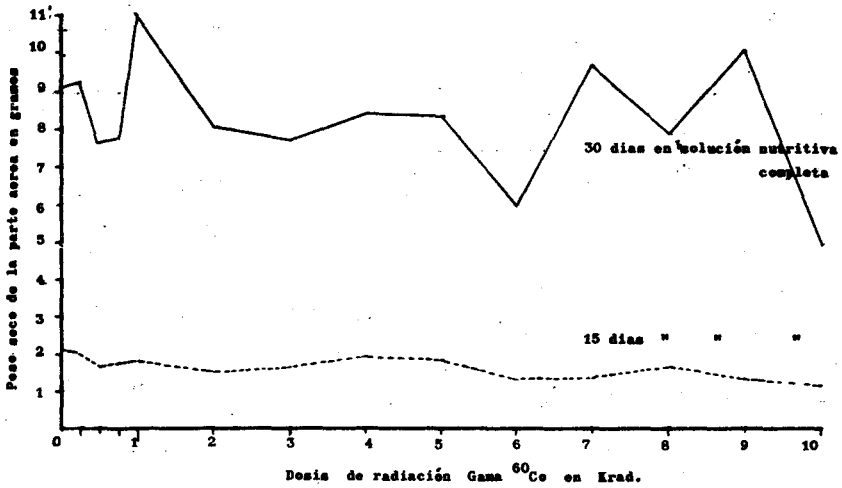


GRAFICO Nº 6

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL INCREMENTO DE PESO SECO DE LA RAIZ PARTE AEREA Y TOTAL DE LA PLANTA

15 DIAS EN SOLUCION NUTRITIVA COMPLETA

Phaseolus vulgaris

Variedad : Goiano precoz

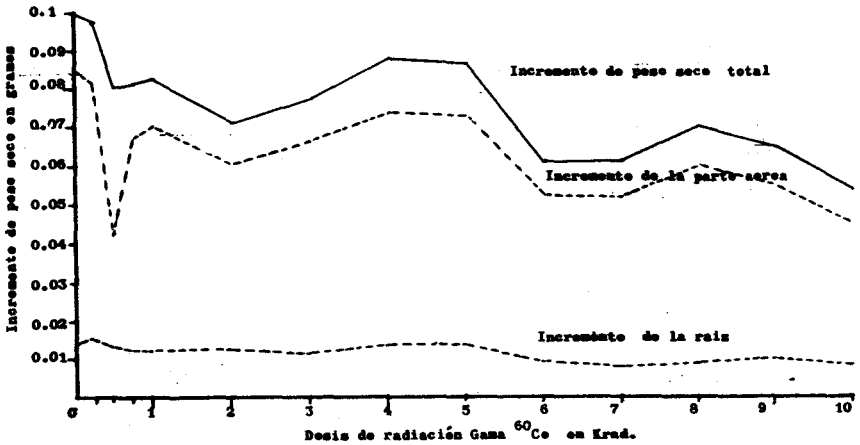


GRAFICO Nº 7

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL PESO SECO TOTAL DE LA PLANTA

Phaseolus vulgaris

Variedad: Goiano precoz

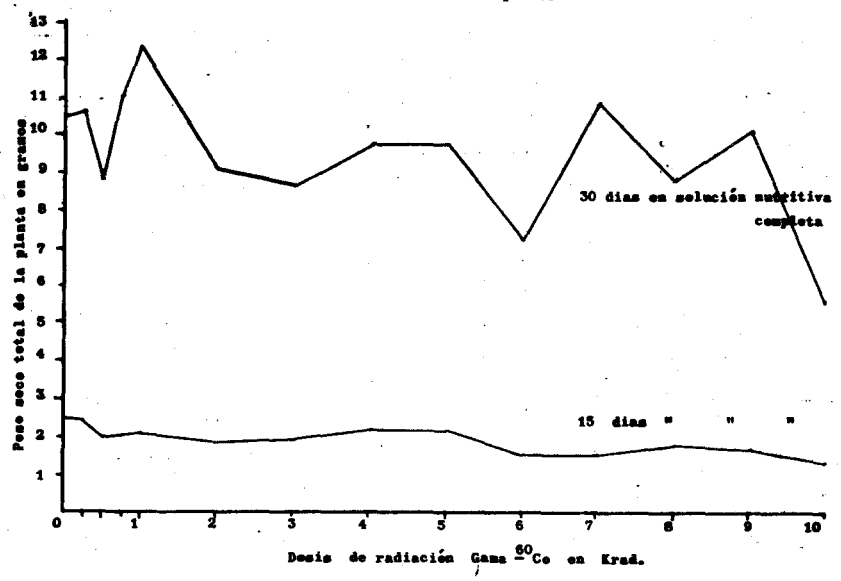


GRAFICO Nº 8

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co. SOBRE EL VOLUMEN DE LA RAIZ

Phaseolus vulgaris

Variedad: Goiano precoz

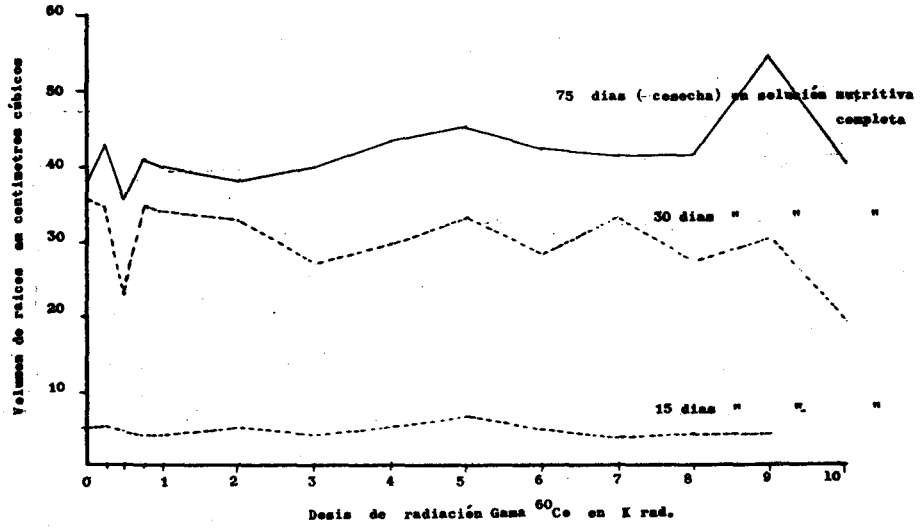


GRAFICO Nº 9

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL AREA FOLIAR

Phaseolus vulgaris

Variedad: Goiano Precoz

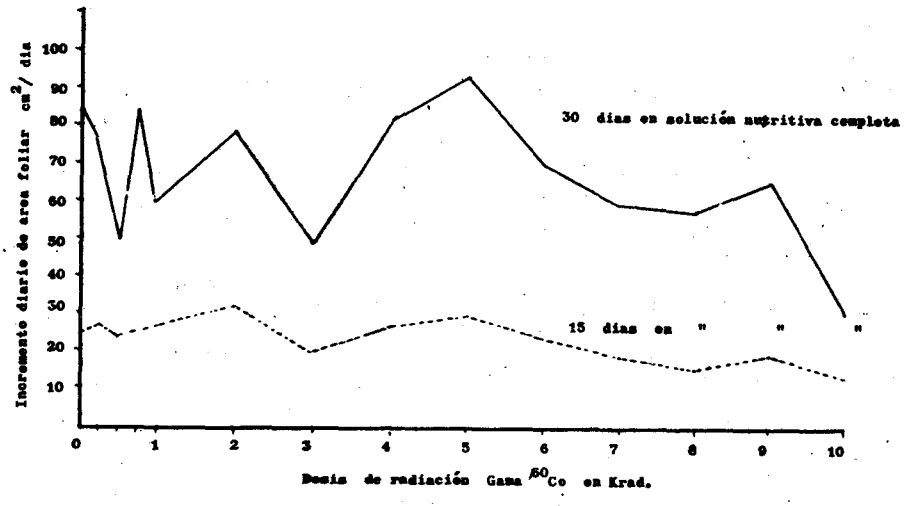


GRAFICO Nº10

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL PORCENTAJE DE PROTEINA EN GRANOS DETERMINADO POR EL METODO DE REACTIVO DE BIURET

Phaseolus vulgaris

Variedad: Goiano precoz

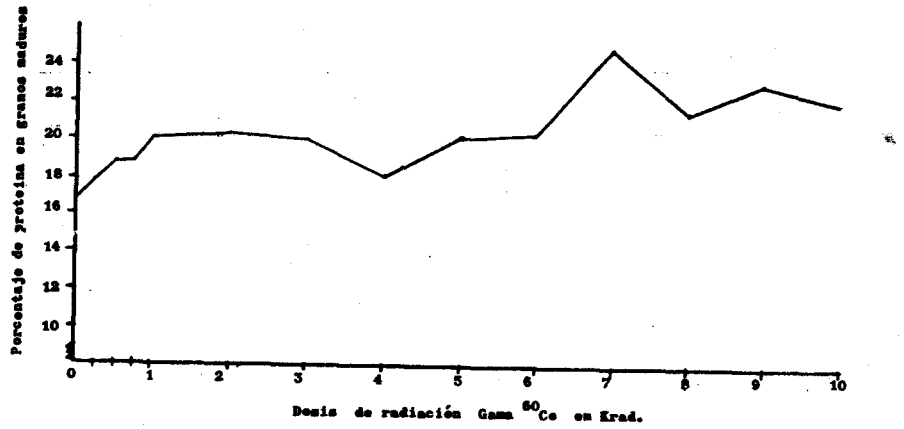


GRAFICO Nº 11

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL NUMERO DE VAINAS

Phaseolus vulgaris

Variedad : Goiano precoce

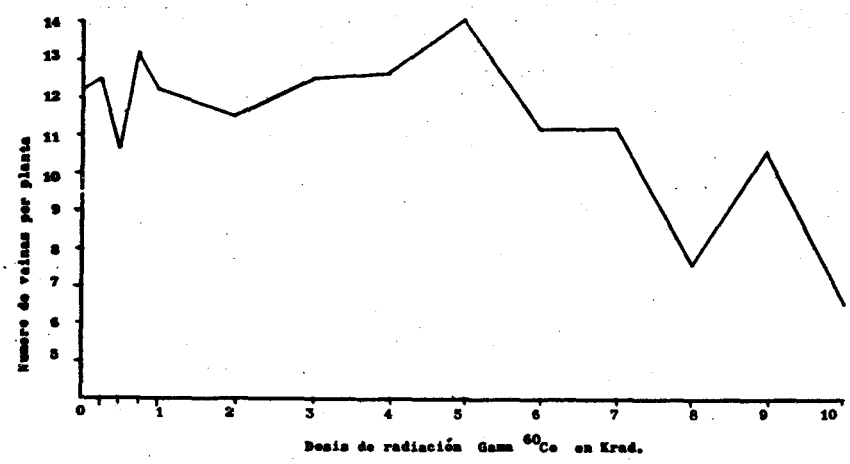


GRAFICO Nº 12

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANOS

Phaseolus vulgaris

Variedad: Goiano precoce

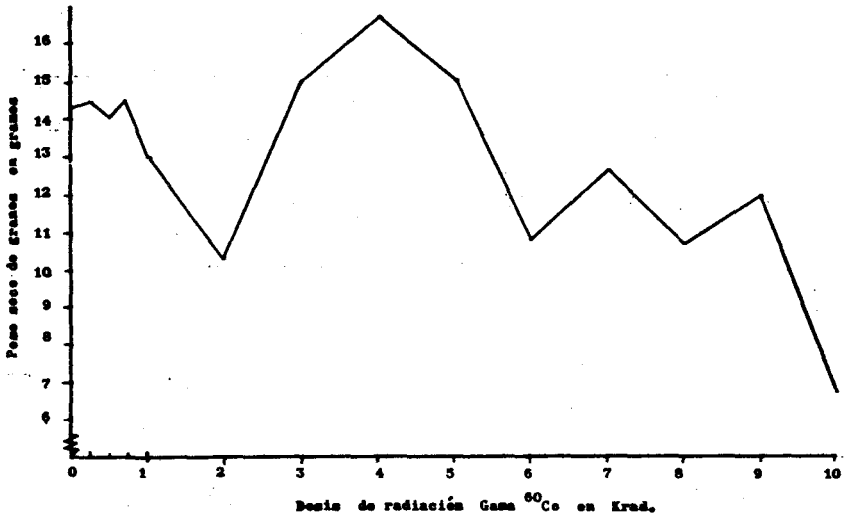
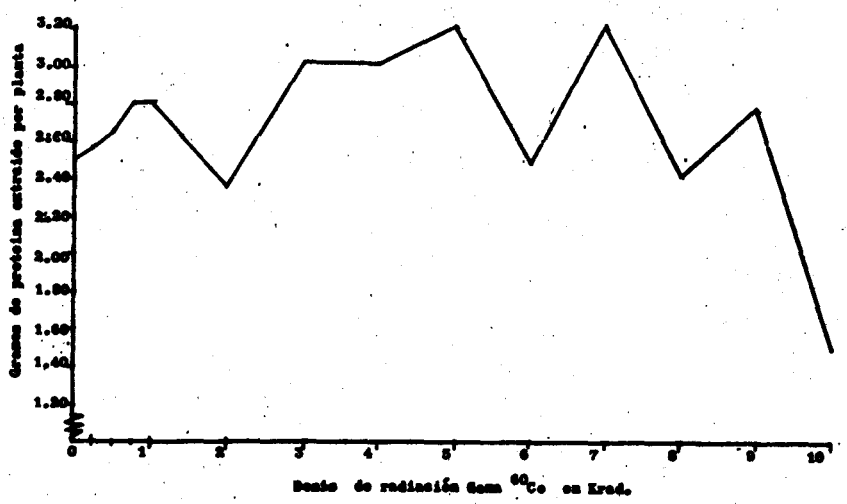


GRAFICO Nº 13

EFECTO DE LA RADIACION GAMA ^{60}Co SOBRE LA EXTRACCION DE PROTEINA

Phaseolus vulgaris

Variedad:Goiano precoce



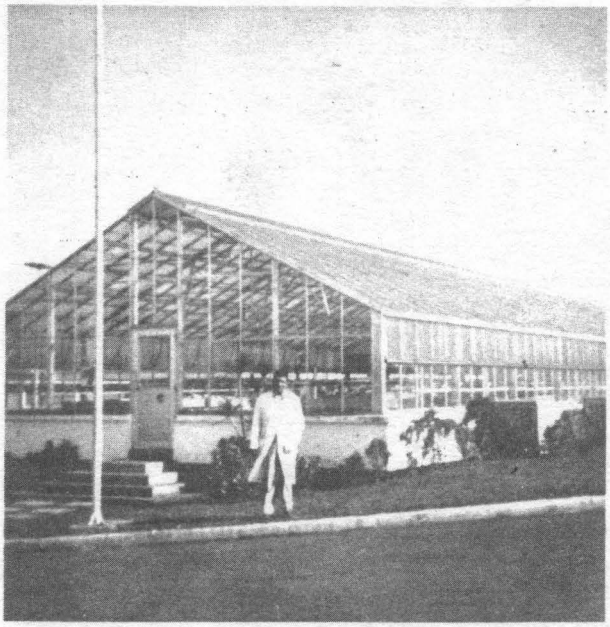


Foto Nº 1 - Vista externa del invernadero del Centro de Energía Nuclear, donde se desarrolló el experimento - Sao Paulo, Brasil -

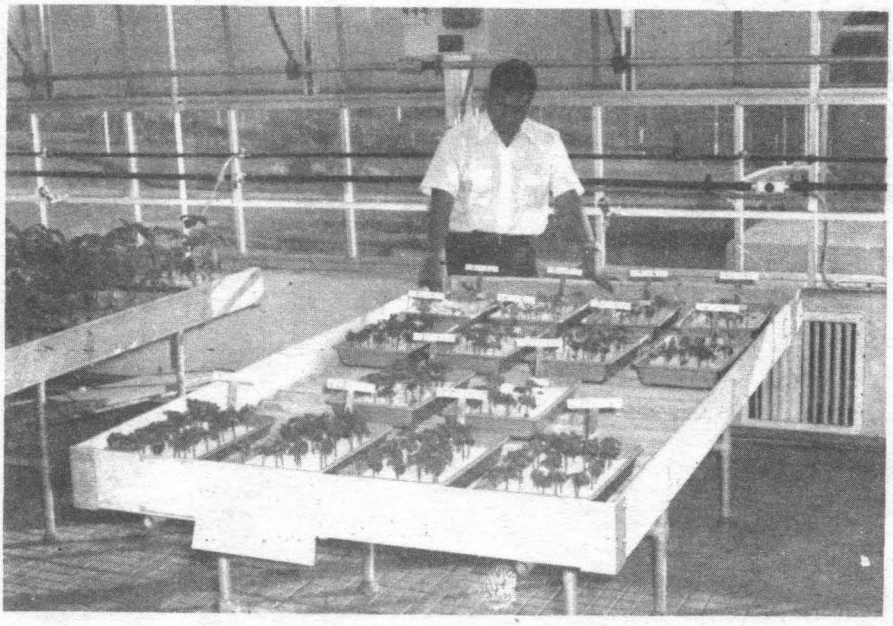


Foto 1a - Apreciación general del efecto de la radiación sobre la germinación.

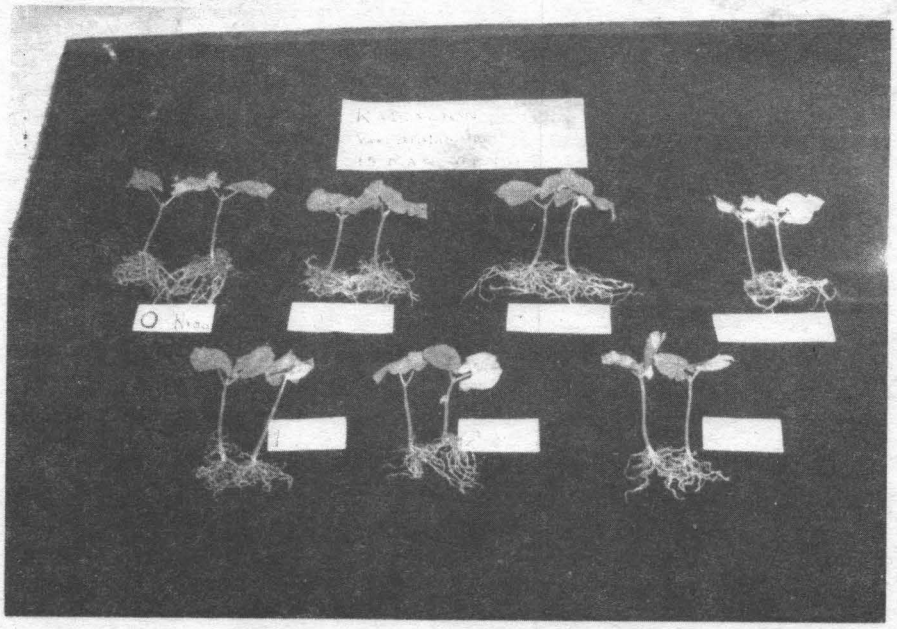


Foto 2a - Aspecto del desarrollo de las plantitas de frijol Phaseolus Vulgaris dentro del ambito de 0-3 Krad.

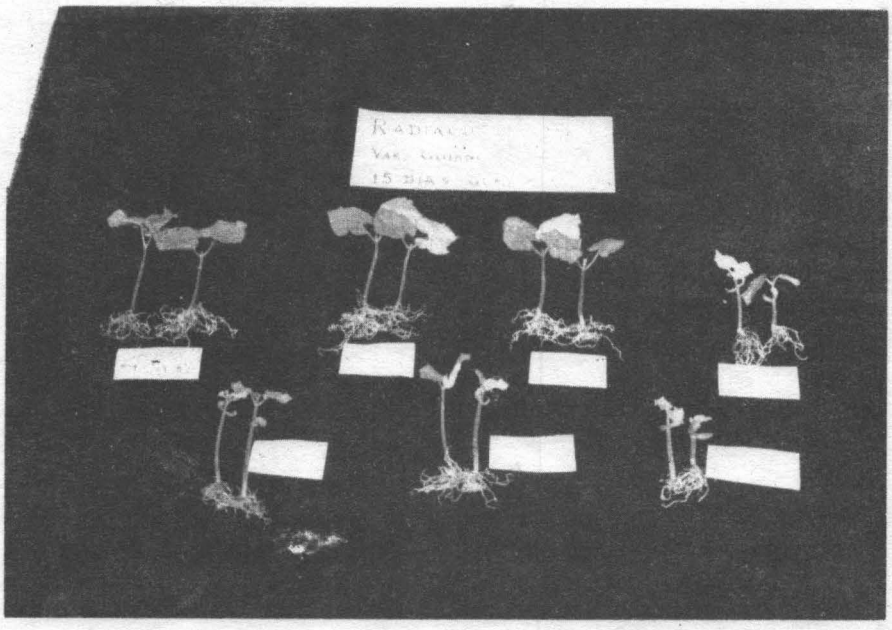


Foto 2b - Apreciación del desarrollo retrasado y adhesión de cotiledones en las plantas con dosis 4 - 5 6 - 7 - 8 - 9 - 10 Krad.

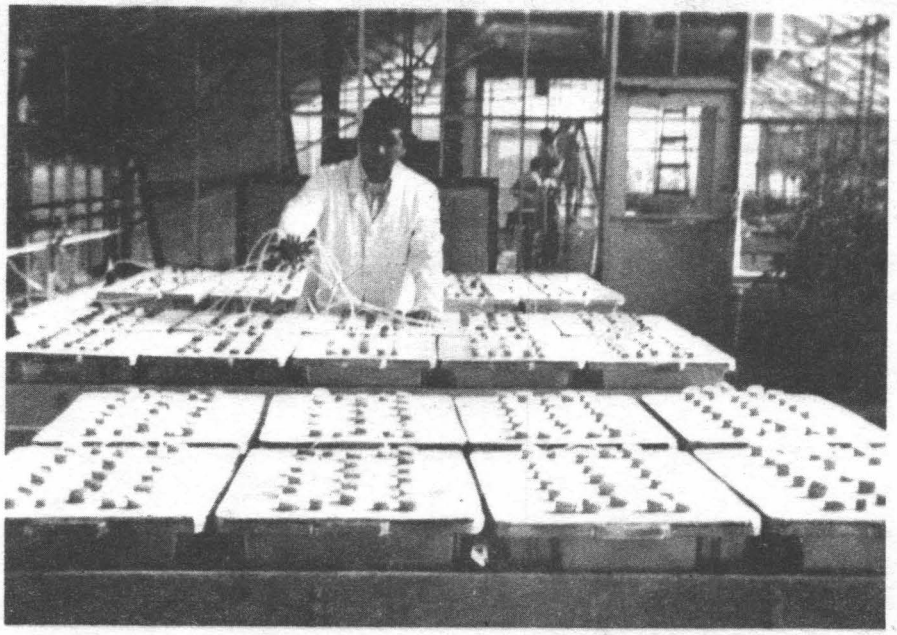


Foto 3a - Disposición de las bandejas (36 litros de capacidad) y sistema de aereación.

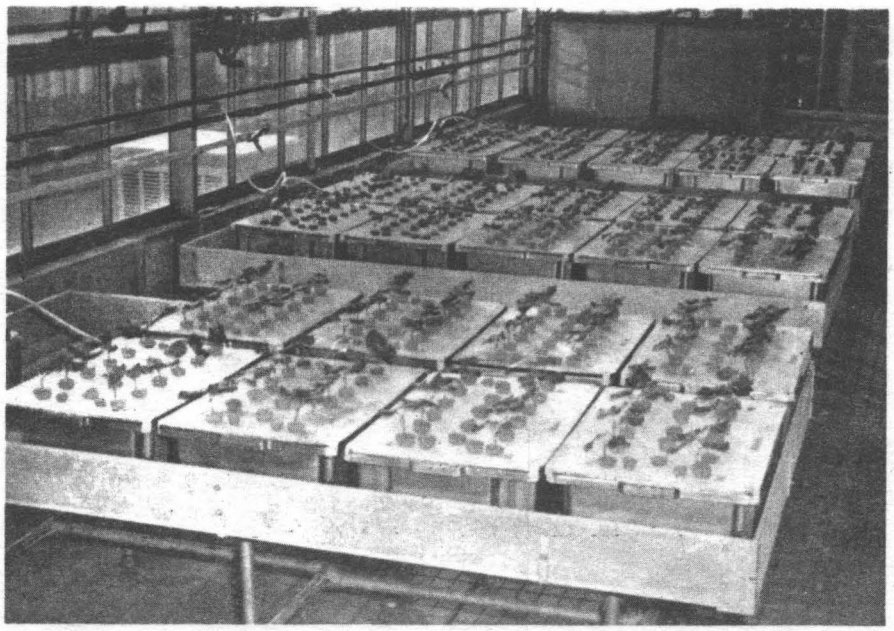


Foto 3b - Plantas de frijol provenientes de las semillas irradiadas, dos días después del transplante .

Foto 4a - Apreciación de mutaciones somáticas foliares a partir de la dosis 2 Krad.

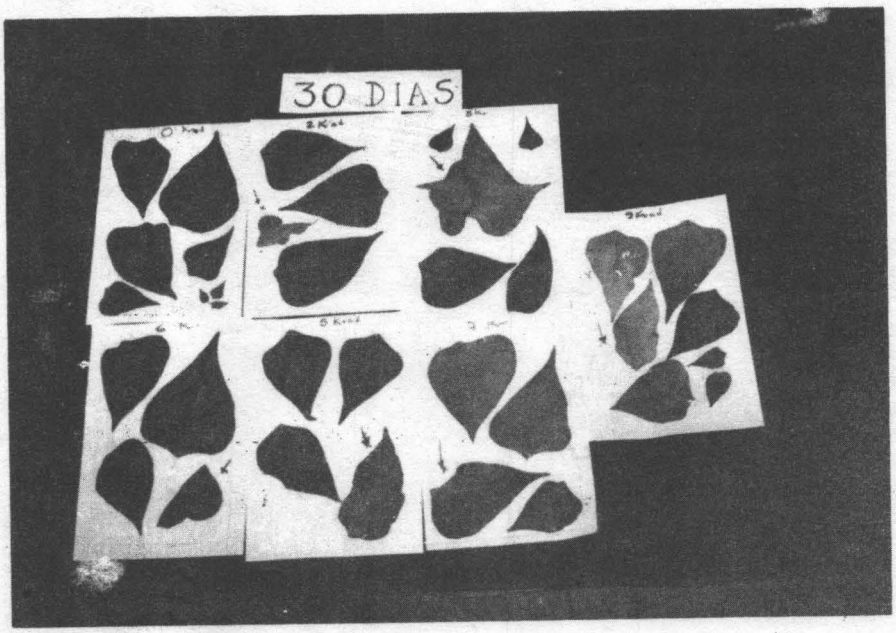


Foto 4b - Deformaciones foliares sumamente marcadas a partir de 5 Krad. (Hojas peltadas).

Apreciación general de la formación de brotes en todos los tratamientos a partir de los 15 días.

Foto 5a

Foto 5b

Foto 5c

Efecto de la radiación gama ^{60}Co sobre el crecimiento de las raices.

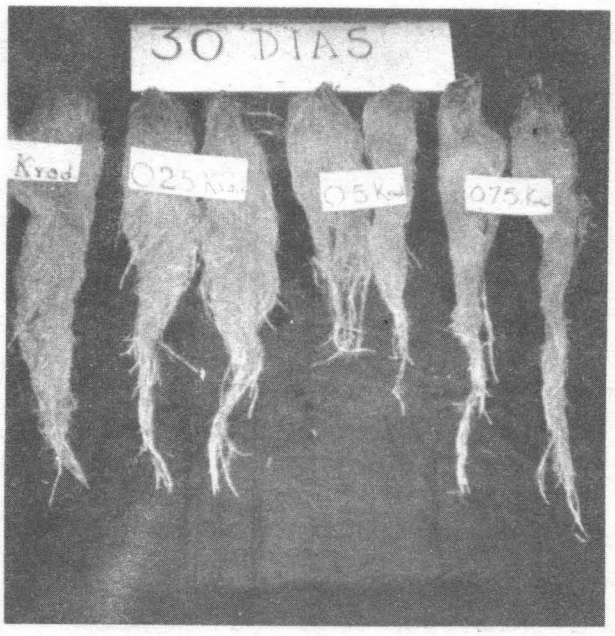


Foto Nº 6a

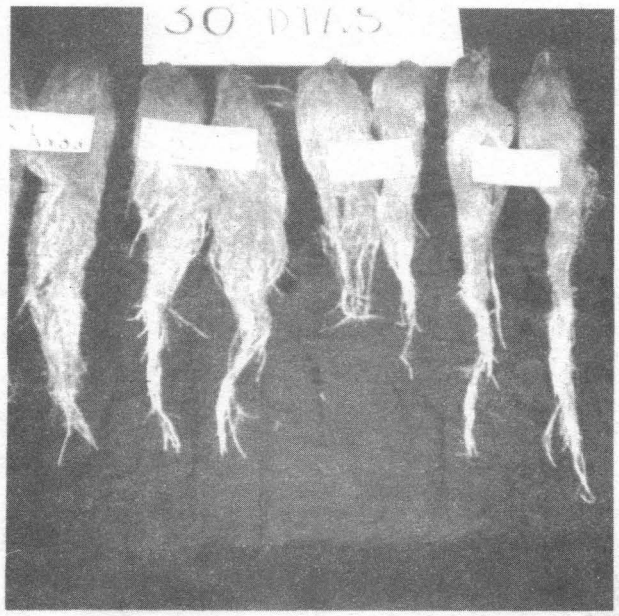


Foto Nº 6b

Efecto de la radiación gama ^{60}Co sobre el crecimiento de las raices.

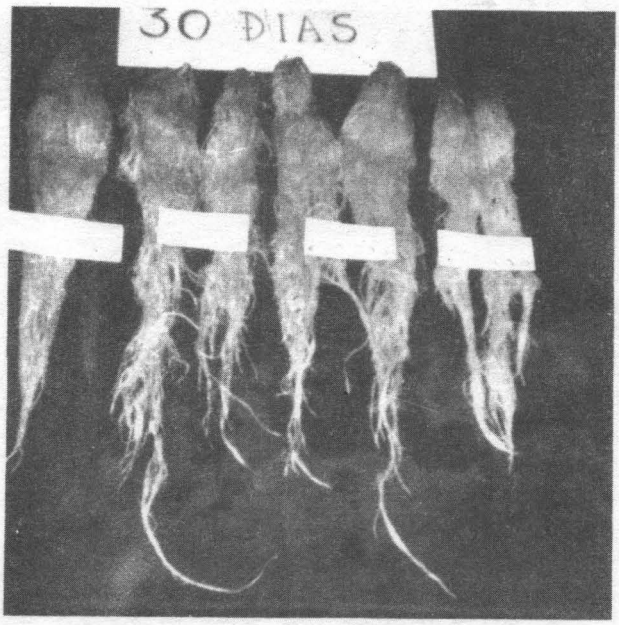


Foto Nº 6c

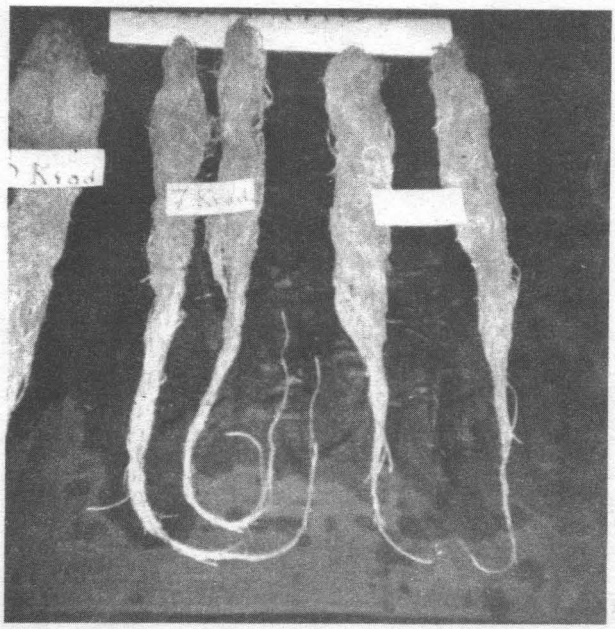


Foto Nº 6d

Efecto de la radiación gama ^{60}Co sobre el crecimiento de las raices.

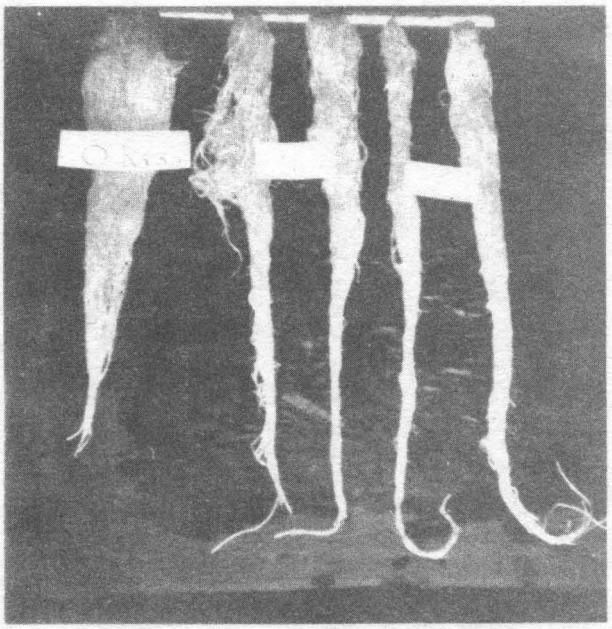


Foto Nº 6f

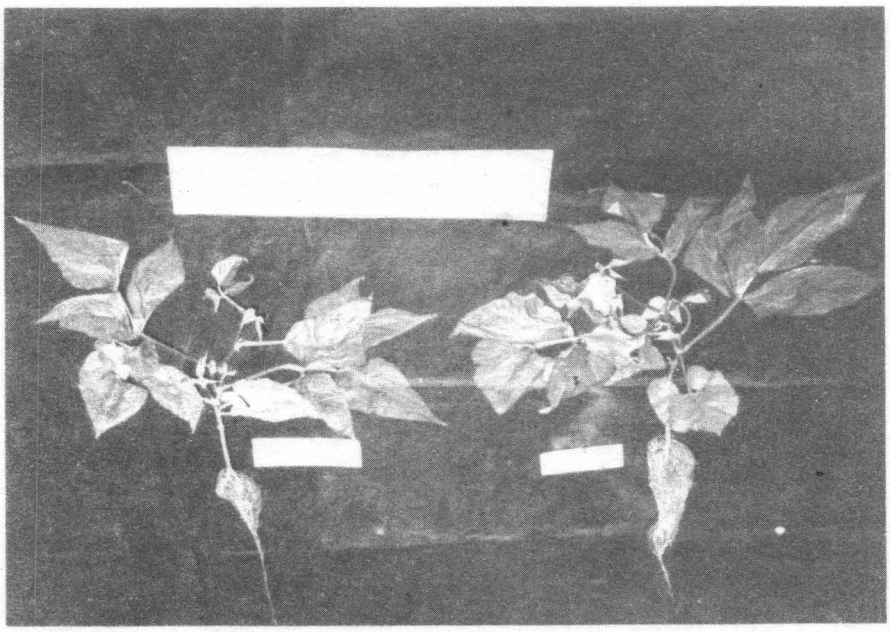


Foto Nº 7 - Comparación de volumen de raices con dosis 0 y 5 Krad.

Foto Nº 8 - Apreciación exterior de area foliar en 5 Krad y mutaciones somáticas foliares en 5 y 6 Krad.

Comparación del proceso de floración y maduración de 5 y 10 Krad, respecto al control casi maduro (65 días)

Foto Nº 9a

Foto Nº 9b

Foto Nº 9c.

Efectos de las radiaciones gamma ^{60}Co sobre el fasceamiento y ramificaciones internas.

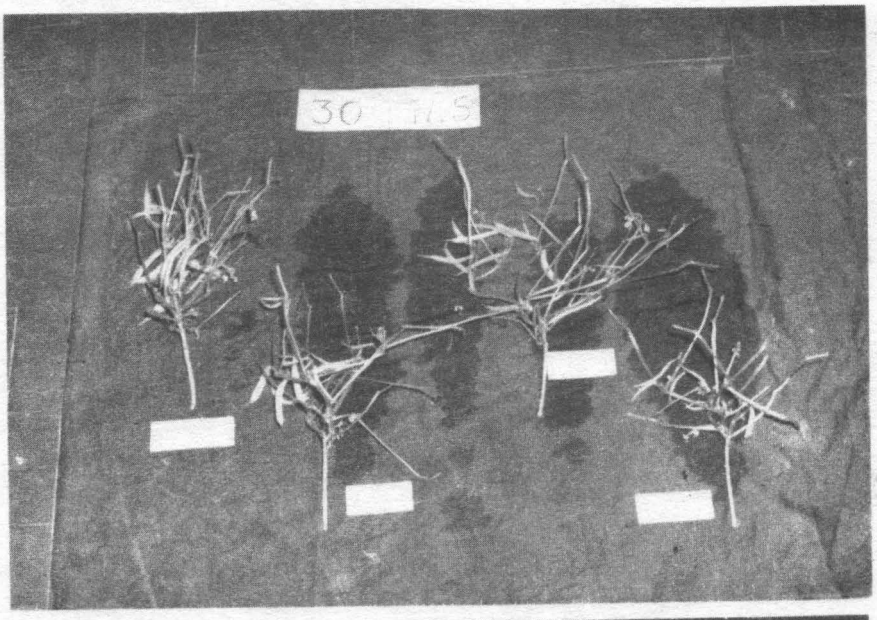


Foto Nº 10a

Foto Nº 10b

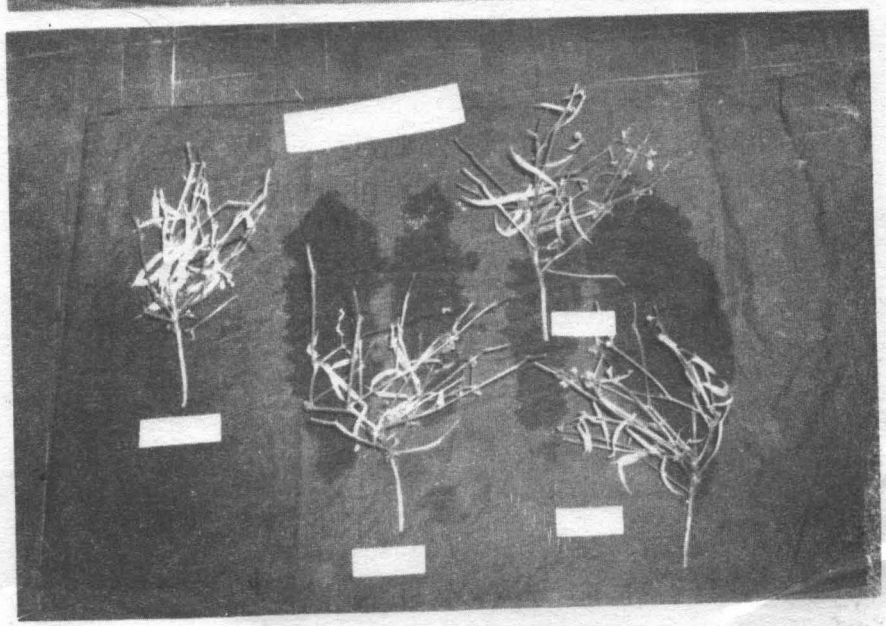


Foto Nº 10c