

FERTILIZACIÓN FOLIAR Y REGULACIÓN HORMONAL EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*, L.) EN SALTILLO, COAHUILA

Eduardo A. Narro Fariás ¹
Roberto Prieto Ramírez ²
Luis M. Lasso Mendoza ³
Juan M. Cortés Jiménez ⁴
Héctor Zermeño González ⁵

RESUMEN

El cultivo de papa se produce en Derramadero, Municipio de Saltillo, Coahuila, bajo un clima favorable, pero los suelos arcillosos, calcáreos, de pH alcalino y pobres en materia orgánica, restringen el desarrollo radical de las plantas, el suministro de agua y la disponibilidad de varios nutrientos, por lo que se obtienen rendimientos relativamente bajos.

Varias dosis de dos complejos de reguladores de crecimiento, uno estimulador de brotación y otro recomendado para prefloración (BTS y BTF) y un fertilizante foliar iniciador (R400) se utilizaron para estimular a la planta y producir mayor uniformidad en brotación, generar crecimientos más vigorosos e incrementar el desarrollo radical para hacer más eficiente la absorción de nutrientos y aumentar el rendimiento y calidad de tubérculos. La variedad de papa utilizada fue la alpha.

Las plantas tratadas con 5 cc de BTS/l mostraron un desarrollo más uniforme y vigoroso; el R400 a 16 kg/ha incrementó la densidad de raíces, el índice de área foliar, nutrición foliar y el rendimiento. Dosis altas de BTF, en interacción con R400 aumentaron el crecimiento de la planta, densidad de raíces e índice de área foliar, pero el efecto aditivo disminuyó la producción total de papa y calidad de los tubérculos. El BTS mejoró la

1 Ph.D. Profesor investigador del Depto. De Suelos, UAAAN

2. Ing. Agrónomo en Suelos, Tesista

3 M.C. Profesor investigador del Depto. De Suelos, UAAAN

4 y 5 M.C. Exalumnos del Programa de Graduados en Suelos, UAAAN

brotación de tubérculos, aunque sin diferencia estadística entre tratamientos. El tratamiento con mayor rendimiento fue 16 kg de R400/ha + 5 cc de BTS/l + 1.5 l de BTF/ha con 50.56 ton/ha.

Palabras clave: Suelo calcáreo, papa, regulador de plantas.

SUMMARY

The potato crop is cultivated at the region of Derramadero, Saltillo, Coahuila, under favorable climatic conditions, but the clayish calcareous soils, with alkaline pH, and low organic matter content, limit root growth and development, water supply and availability of several nutrients, therefore yield are relatively low.

Several rates of two growth regulators complexes, one for sprouting and other recommended before flowering (BTS y BTF) and a starter foliar fertilizer (R400) were used to stimulate plants and to achieve higher sprouting uniformity, to generate vigorous growth and to increase root development in order to obtain a more efficient nutrient absorption to increase yield and tuber quality. Alpha was the used cultivar.

Plants with treatment of 5 cc of BTS/l shown a more uniform and vigorous development; R400 at 16 kg/ha increased root density, leaf area index, foliar nutrition and yield. High level of BTF, interacting with R400 increased plant growth, root density and leaf area index, but the additive effect reduced total yield and tuber quality. BTS improved sprouting percentge and its vigor, but with no statistical difference among treatments. The treatment higher yield treatment was 16 kg of R400/ha + 5 cc of BTS/l + 1.5 l of BTF/ha with 50.56 ton/ha.

Index words: Potato, starter fertilizer, plant regulator, calcareous soil.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.), cultivada en el cañón de Derramadero, Municipio de Saltillo, Coahuila, produce rendimientos medios de 25 a 30 ton/ha, lo que de acuerdo a varios autores, representa alrededor del 20 % del potencial genético de la papa, y el 80 % restante se pierde por diversos tipos de estrés que sufren las plantas durante su desarrollo; por ejemplo, los originados por características físicas del suelo que, tales como alta densidad aparente, alta resistencia a la penetración, texturas arcillo limosas, pobre estructura y poca profundidad del suelo debida en ocasiones a la formación de pisos de arado, restringen el desarrollo radical, la aireación y el suministro de agua. La disponibilidad de los nutrientes

también se ve afectada por las características citadas, además de los problemas que producen los suelos alcalinos, calcáreos y de bajo contenido de materia orgánica, lo que trae como consecuencia bajos rendimientos y pobre calidad de los tubérculos (Narro, 1985, 1994).

Se han estudiado muchas alternativas para resolver la baja eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes aportados en el fertilizante, por las plantas de papa cultivadas en esta región, y aunque se han logrado resultados parcialmente satisfactorios, el problema aún no se resuelve (Narro, 1985).

El cultivo de papa prospera bien en suelos orgánicos y minerales, siempre que estos últimos sean profundos y de textura ligera. Los suelos fracos arenosos, ricos en humus, de laboreo fácil y de buena estructura granular con buen drenaje, son muy apropiados (Ignatieff y Harold, 1969). La papa es medianamente tolerante a la acidez, (pH entre 6.5 y 5.0) y a la salinidad (Richards, 1954; Maas, 1984).

Es bien aceptado que el uso correcto de fitoreguladores aumenta el rendimiento de los cultivos; las giberelinas pueden estimular una brotación más rápida y vigorosa de los tubérculos, las citocininas estimulan crecimiento de las plantas por división celular y algunas auxinas incrementan la densidad de raíces y el volumen de suelo que éstas exploran. La acción de los reguladores puede propiciar en las plantas una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y aumentar el rendimiento, además de reducir las necesidades de fertilizante (Rojas y Ramírez, 1987).

En el presente trabajo se estudió la respuesta del cultivo de papa a diferentes dosis de fertilizante arrancador y dos complejos de reguladores de crecimiento, con la finalidad de incrementar el desarrollo radical de las plantas, mediante el uso eficiente de fertilizantes para incrementar el rendimiento y calidad del tubérculo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental de esta investigación se efectuó durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1989 en el rancho El Padrino en Derramadero, Municipio de Saltillo Coahuila, localizado en los $25^{\circ} 14' 7''$ latitud norte y $101^{\circ} 10' 25''$ longitud oeste, con una altitud de 1860 msnm. El clima es semiseco con lluvias en verano, y escasas a lo largo del año, siendo la precipitación anual media de 307.2 mm. La temperatura media anual es 13.4° C (CETENAL, 1970, 1978).

El suelo predominante en la zona es Xerosol háplico de textura media en los 30 cm superficiales del suelo con fase física petrocáctica (CETENAL,

1976). En el sitio experimental el suelo es migajón arcilloso, calcáreo, de pH 8.1 y fertilidad media, sin problemas de salinidad. El agua de riego es de buena calidad y proviene de pozos profundos.

Se utilizó la variedad alpha, la cual es tardía; la semilla fue proporcionada por el agricultor cooperante, quien la seleccionó de la cosecha anterior. Se consideraron para este fin tubérculos de 100 a 120 g.

Los tratamientos evaluados se definieron con una matriz Plan Puebla 1; los factores y dosis en estudio se muestran en el cuadro 1. Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones y la parcela experimental constó de 6 surcos de 6 m de longitud.

Como fertilizante arrancador (A) se aplicó Raizal 400 (R400) fraccionado, en dosis de 8 kg/ha/semana, vía foliar, a partir del día 27 de abril, hasta completar las dosis de cada tratamiento. La composición de este producto es: 9 % N + 45% P₂O₅ + 11% K₂O + 0.6% Mg + 0.8% S + 400 ppm de fitohormonas.

Cuadro 1. Descripción de dosis y tratamientos estudiados en el experimento.

Factores, dosis y claves .

A. Fertilizante arrancador:

$$A_0 = 0 \text{ kg/ha}, A_1 = 8 \text{ kg/ha}; A_2 = 16 \text{ kg/ha}; \text{ y } A_3 = 24 \text{ kg/ha}$$

B. Promotor de brotación (Biozyme TS)

$$B_0 = 0 \text{ cc/l de agua}; B_1 = 2.5 \text{ cc/l}; B_2 = 5 \text{ cc/l}; \text{ y } B_3 = 7.5 \text{ cc/l}$$

C. Promotor de crecimiento (Biozyme TF)

$$C_0 = 0.5 \text{ l/ha}; C_1 = 1.5 \text{ l/ha}; C_2 = 2.5 \text{ l/ha}; \text{ y } C_3 = 3.5 \text{ l/ha}$$

Tratamientos seleccionados con la matriz Plan Puebla 1, y dos tratamientos adicionales*.

Número de tratamiento	Clave	Número de tratamiento	Clave
1	A ₁ B ₁ C ₁	9	A ₀ B ₁ C ₁
2	A ₁ B ₁ C ₂	10	A ₃ B ₂ C ₂
3	A ₁ B ₂ C ₁	11	A ₁ B ₀ C ₁
4	A ₁ B ₂ C ₂	12	A ₂ B ₃ C ₂
5	A ₂ B ₁ C ₁	13	A ₁ B ₁ C ₀
6	A ₂ B ₁ C ₂	14	A ₂ B ₂ C ₃
7	A ₂ B ₂ C ₁	15*	A ₂ B ₂ C ₂ + Paclobutrazol
8	A ₂ B ₂ C ₂	16*	A ₀ B ₀ C ₀

Como estimulador de brotación (B) en tratamiento a la semilla se utilizó en baño de inmersión durante 10 segundos, un día antes de la siembra, Biozyme TS (BTS), que contiene 79.84 % de extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas (77.4 ppm de giberelinas + 73 ppm de ácido indolacético + 128.7 ppm de zearina) + 20.16 % de diluyentes y acondicionadores.

El producto Biozyme TF (BTF) (C) se aplicó foliarmente en forma fraccionada a partir del día 75 después de la siembra y con intervalos de 8 días, hasta completar cada dosis. Este producto contiene 1.86 % de microelementos (Fe, Zn, Mg, B y S) + 78.87% de extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas (giberelinas, ácido indolacético y zearina) + 19.27% de diluyentes y acondicionadores.

Se sembró el día 19 de marzo de 1989, y todas las prácticas de manejo, excepto tratamientos, fueron realizadas de manera uniforme por el agricultor cooperante. Se fertilizó un día antes de la siembra con 170-330-220 más 230 kg/ha de azufre y 100 kg/ha de magnesio. Las variables evaluadas se presentan en el siguiente punto.

Se realizaron varias mediciones en planta, que incluyen días a emergencia de brotes, y en floración y previo al desvare se evaluaron; altura de plantas, número de tallos por planta, peso seco de tallos y hojas, peso de tubérculos, análisis foliar de N, P y K, y densidad de raíces, además de rendimiento y calidad de tubérculos cosechados. Los métodos empleados se citan en el siguiente apartado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencia de brotes, Altura de plantas y Número de tallos

En el cuadro 2 se presentan los valores medios de brotación, altura de plantas y número de tallos por planta, las cuales se discuten a continuación.

Hubo poca diferencia entre tratamientos en número de brotes emergidos 30 días después de la siembra, sin embargo los valores presentan un claro incremento al aumentar la dosis del BTS. En promedio la brotación aumenta de 70.5% con la dosis 0 cc a 75.5%, con la dosis de 5 cc/l, y se observó mayor uniformidad y vigor en las plantas tratadas, pero se obtuvo una ligera disminución de estas variables con la dosis de 7.5 cc/l. La altura media de plantas en los tratamientos fue similar en la etapa de floración, y la mayor altura en esta etapa la obtuvo el testigo ($A_0B_0C_0$), aunque en el muestreo próximo al desvare, donde la lectura corresponde a la longitud de tallos, este fue superado por la mayoría de los tratamientos y

Cuadro 2. Valores medios de las variables porciento de emergencia de brotes, altura de plantas y número de tallos de las plantas en los tratamientos bajo estudio, en floración (F), y al desvare (D). Derramadero, Saltillo, Coahuila. Ciclo primavera-verano, 1989.

Núm. Clave	Tratamiento	% Emergencia de Brotes	Altura de plantas, cm		Número de tallos	
			F	D	F	D
1	A1B1C1	77.36	83.33	109.33	6.33	4.66
2	A1B1C2	66.00	85.33	90.33	3.66	4.33
3	A1B2C1	75.52	89.33	120.66	5.33	5.33
4	A1B2C2	75.39	85.00	119.00	6.00	4.00
5	A2B1C1	73.54	76.00	116.66	4.66	5.66
6	A2B1C2	73.67	86.86	119.66	5.00	6.66
7	A2B2C1	77.11	87.33	114.66	5.00	4.33
8	A2B2C2	78.96	82.33	124.00	5.00	4.66
9	A0B1C1	77.11	81.00	107.33	4.33	4.00
10	A3B2C2	73.01	81.66	94.33	3.33	4.66
11	A1B0C1	72.58	80.00	100.00	4.33	3.66
12	A2B3C2	74.60	82.00	117.00	4.33	4.00
13	A1B1C0	72.48	83.66	131.00	3.33	6.66
14	A2B2C3	71.69	86.66	128.66	4.33	4.33
15	A2B2C2 + P	72.64	83.00	125.66	4.33	5.66
16	A0B0C0	73.33	90.66	115.66	5.66	4.00

la altura máxima correspondió al tratamiento A1B1C0. En el análisis de varianza no se encontró diferencia estadística entre tratamientos. En los contrastes para evaluar la interacción BTS-BTF resultó altamente significativo el incrementar el nivel de BTS de 2.5 a 5 cc/l, con el BTF en 2.5 l/ha, y significativo el pasar de 1.5 a 2.5 l/ha de BTF, conservando al BTS en 2.5 cc/l siendo los mejores niveles después del testigo en esta etapa A0B2C2. En los datos del muestreo próximo al desvare no hubo significancia en estas dos pruebas.

El mayor número de tallos se obtuvo con A1B1C1, pero hubo similitud entre las medias de tratamientos en los dos muestreos y en el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa entre tratamientos. En la prueba de efectos e interacciones dentro del factorial 2^K, no se encontró diferencia significativa para ningún factor.

Peso Seco de Tallos y Hojas

En el cuadro 3 se muestran los valores promedio de los pesos secos de tallos, hojas y raíces de las plantas de papa que crecieron bajo los tratamientos en estudio, y a continuación se analiza cada variable.

No existe diferencia marcada en las medias de tratamientos para peso seco de tallos, hojas ni raíces en los muestreos de floración y próxima al desvare; los resultados del análisis de varianza no presentan diferencias significativas entre tratamientos en las dos etapas de evaluación; en el análisis de la matriz Plan Puebla 1, no se encontró efecto factorial simple ni interacción significativa para ninguno de los factores evaluados y solo para peso seco de tallos, la comparación con el tratamiento 12, el cual contiene el nivel superior del BTS (7.5 cc/l) resultó estadísticamente significativo en el muestreo de floración, mientras que la dosis de cero cc/l de este mismo producto resultó significativa para el muestreo realizado un día antes del desvare, (dosis que disminuye el peso seco de tallos). Los tratamientos donde se utilizó BTS presentaron tallos más fuertes; estos resultados son similares a los reportados por Valdez (1987) quien indica que

Cuadro 3. Valores medios de las variables peso seco de tallos y peso seco de hojas, por planta, en floración (F), o al desvare (D), en los tratamientos bajo estudio. Derramadero, Saltillo, Coahuila. Ciclo primavera-verano, 1989.

Tratamiento Número	Clave	Peso seco de tallos, g		Peso seco de hojas, g	
		F	D	F	D
1	A1B1C1	41.00	69.00	81.13	91.63
2	A1B1C2	29.53	47.33	63.36	53.90
3	A1B2C1	30.40	65.63	60.33	81.43
4	A1B2C2	30.80	52.53	54.53	73.30
5	A2B1C1	24.97	60.60	48.20	80.53
6	A2B1C2	33.16	73.60	61.70	81.56
7	A2B2C1	29.49	68.26	52.46	68.73
8	A2B2C2	34.49	67.56	65.16	81.36
9	A0B1C1	28.04	48.06	49.83	61.50
10	A3B2C2	29.06	63.36	52.36	82.53
11	A1B0C1	33.53	38.36	70.36	43.66
12	A2B3C2	46.33	63.23	57.50	71.60
13	A1B1C0	27.60	72.83	56.06	84.70
14	A2B2C3	33.60	63.60	57.85	68.30
15	A2B2C2 + P	34.40	55.60	76.23	72.80
16	A0B0C0	39.80	50.56	72.21	58.36

las plantas tratadas con BTS mostraron tallos con grosor más uniforme, de mayor altura y entrenudos más alargados y con brotes axilares, además de mayor número y tamaño de hojas.

El mayor peso seco de hojas lo presentó el tratamiento A₁B₁C₁, para los dos muestreos y al analizar las prolongaciones de los factores, únicamente resultó significativo el factor BTS en su dosis mínima estudiada (0 cc/l) en el muestreo próximo al desvare, dosis que disminuye considerablemente el peso seco de hojas. En los resultados se observó que en los tratamientos donde se aplicó 2.5 cc/l de BTS, las plantas presentaron mayor tamaño de hojas, lo cual es benéfico para la planta ya que tiene mayor área fotosintética.

Tubérculos por Planta, Peso de Tubérculos y Densidad de Raíces

En el cuadro 4 se incluyen las medias de número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta y densidad de longitud de raíces, las que a continuación se discuten.

Cuadro 4. Valores medios de número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta y densidad de longitud de raíces en el suelo, en los tratamientos bajo estudio.

Número	Tratamiento Clave	No. de tubérculos por planta		Peso de tubérculos por plantas, g.		Densidad de longitud de raíces, cm/cm ³ de suelo
		F	D	F	D	
1	A ₁ B ₁ C ₁	19.33	15.33	553.80	1932.03	4.53
2	A ₁ B ₁ C ₂	14.33	15.00	394.43	802.80	5.07
3	A ₁ B ₂ C ₁	15.66	15.00	426.20	1249.06	3.98
4	A ₁ B ₂ C ₂	14.33	14.33	346.13	1549.10	3.85
5	A ₂ B ₁ C ₁	9.66	15.33	535.00	1455.76	6.88
6	A ₂ B ₁ C ₂	10.66	18.33	452.20	1527.86	4.57
7	A ₂ B ₂ C ₁	16.00	13.66	470.56	1671.03	5.23
8	A ₂ B ₂ C ₂	7.00	12.33	363.40	1363.40	3.57
9	A ₀ B ₁ C ₁	7.33	14.66	292.46	1401.96	4.89
10	A ₃ B ₂ C ₂	12.33	15.00	448.26	1633.30	4.34
11	A ₁ B ₀ C ₁	8.00	12.00	449.23	1128.93	4.48
12	A ₂ B ₃ C ₂	9.66	15.00	255.76	1401.00	4.97
13	A ₁ B ₁ C ₀	8.66	20.66	375.56	1138.73	4.78
14	A ₂ B ₂ C ₃	14.66	10.66	514.20	1360.23	5.84
15	A ₂ B ₂ C ₂ + P	11.00	14.66	305.16	1468.60	4.57
16	A ₀ B ₀ C ₀	11.66	11.00	568.86	1177.36	4.49

El número de tubérculos por planta, en los muestreos realizados, presentó la media más alta en floración en el tratamiento A₁B₁C₁ y la más baja para el tratamiento A₂B₂C₂; en el muestreo próximo al desvare la tendencia no es clara, pero la media más alta fue la del tratamiento A₁B₁C₀ y la mínima del tratamiento A₂B₂C₃. Al realizar el análisis de varianza para el muestreo de floración, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, pero en la prueba de efectos e interacciones en la parte factorial, se encontró significancia para el factor R400 y al analizar las prolongaciones hubo significancia para los factores BTS y BTF en sus niveles mínimos estudiados. En el muestreo próximo al desvare solo se encontró significancia para el factor BTF en la prolongación del valor mínimo estudiado.

Wareing (1982) menciona que en muchos casos el aumento en rendimiento de papa se logra con tratamiento a la "semilla", lo cual se debe a que el número de tubérculos por planta está en relación directa con el número de tallos, el cual esta determinado por el número de yemas brotadas; Stallknecht (1983) cita que en general la aplicación de ácido giberélico (GA3) a la planta estimula el desarrollo de la parte aérea pero los efectos en el rendimiento son inconsistentes.

El mayor peso de tubérculos se alcanzó con el tratamiento A₁B₁C₁ y al utilizar otros niveles hubo una considerable disminución. Para el muestreo de floración el testigo superó a todos los tratamientos, sin embargo en el muestreo próximo al desvare fue superado por la mayoría de los tratamientos. En floración, el análisis de varianza muestra que no hay significancia en todo el espacio explorado para los tres factores evaluados; para el muestreo próximo al desvare, al analizar la parte factorial se encontró significancia para los tres factores, un efecto principal de BTF, una interacción de BTS con BTF y una triple interacción de los tres factores R400-BTS-BTF; en las prolongaciones de los factores se encontró significancia para BTS y BTF para su nivel mínimo estudiado. En los contrastes para interpretar la triple interacción, se encontró que el peso de tubérculos disminuye considerablemente al pasar de 1.5 a 2.5 l/ha de BTF manteniendo al R400 en 8 kg/ha y al BTS en 2.5 cc/l, el mayor peso de tubérculos por planta se asoció significativamente con la dosis de 8 kg/ha de R400, 2.5 cc/l de BTS y 1.5 l/ha de BTF (A₁B₀C₁), al utilizar dosis más altas se observa una disminución en el peso de tubérculos y esto tal vez se debe a una sobredosificación de fitorreguladores; Rojas y Ramírez (1987), mencionan que con aplicación de ácido giberélico a la planta, en ocasiones, se ha tenido aumento en el número de tubérculos pero descenso en su peso total.

El análisis de varianza de los datos de densidad de longitud de raíces, obtenidos por el método de Newman (1966) mostró diferencia altamente significativa entre tratamientos, y en la parte factorial analizada por el método de Yates, se encontró significancia para los efectos

principales de R400, BTS, BTF, y para la interacción de R400 con BTF; al analizar las prolongaciones de los factores, se detectó significancia para BTS y BTF para sus niveles máximos estudiados. En los contrastes para interpretar la interacción R400-BTF resultó altamente significativo el pasar de 8 a 16 kg/ha de R400, manteniendo al BTF en 1.5 l/ha y también resulta significativo pasar de 1.5 a 2.5 l/ha de BTF manteniendo al R400 en 16 kg/h; al comparar por contraste el tratamiento A₂B₂C₂ contra el A₂B₂C₂ + P se encontró diferencia significativa y esto fue debido a que el tratamiento A₂B₂C₂ sin Paclobutrazol, disminuyó considerablemente la longitud y densidad de raíz. Zermeño y Narro (1990) mencionan que la interacción de estiércol caprino, R400 y BTS, incrementó la densidad de raíz en el cultivo de papa y Delgado (1987) menciona que el estiércol y las auxinas (AIB y ANA) en mezclas de partes iguales y en dosis de 100 y 200 ppm, aplicados a los tubérculos el día anterior a la siembra, incrementaron la longitud y densidad de raíz en el cultivo de papa. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Marschner (1986) quien menciona que la formación de pelos radicales y la iniciación y formación de las raíces laterales son regulados por hormonas.

Rendimiento de Tubérculo

Los valores de rendimiento de papa en las categorías primeras, segundas, terceras y total, se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Valores promedio de rendimiento, por categoría y total, de papa, en las parcelas de los tratamientos bajo estudio.

Tratamiento Número	Clave	Rendimiento promedio por categoría, ton/ha			
		Primeras	Segundas	Terceras	Total
1	A ₁ B ₁ C ₁	31.86	9.25	7.94	49.06
2	A ₁ B ₁ C ₂	23.02	7.40	4.79	35.22
3	A ₁ B ₂ C ₁	31.31	8.15	9.58	49.05
4	A ₁ B ₂ C ₂	33.30	6.78	5.61	45.70
5	A ₂ B ₁ C ₁	27.07	13.36	7.05	47.48
6	A ₂ B ₁ C ₂	32.82	7.63	4.58	45.08
7	A ₂ B ₂ C ₁	31.52	7.26	11.78	50.56
8	A ₂ B ₂ C ₂	26.38	7.39	8.44	42.27
9	A ₀ B ₁ C ₁	32.82	7.53	8.49	48.85
10	A ₃ B ₂ C ₂	30.70	10.82	5.75	47.28
11	A ₁ B ₀ C ₁	29.19	10.27	6.30	45.77
12	A ₂ B ₃ C ₂	34.40	6.51	3.83	44.74
13	A ₁ B ₁ C ₀	31.31	7.53	8.90	47.75
14	A ₂ B ₂ C ₃	30.56	7.87	5.89	44.33
15	A ₂ B ₂ C ₂ + P	27.82	8.63	6.02	42.48
16	A ₀ B ₀ C ₀	28.69	9.45	6.44	44.58

El rendimiento más alto de papa de primera se obtuvo con la aplicación de 16 kg/ha de R400, 7.5 cc/l de BTS y 2.5 l/ha de BTF. El análisis de varianza no mostró diferencia para bloques ni para tratamientos. La parte factorial presentó significancia para la interacción de los tres factores (ABC). En los contrastes de la triple interacción ocurrida en la parte factorial, se encontró significancia pasar de 2.5 a 5 cc/l de BTS, ya que se disminuye el rendimiento de esta categoría conservando al R400 en ocho kg/ha y al BTF en 2.5 l/ha.

El mayor rendimiento de papa de segunda se obtuvo con 16 kg/ha de R400, 2.5 cc/l de BTS y 1.5 l/ha de BTF. El análisis de varianza no muestra diferencia entre tratamientos ni entre bloques, pero se encontró diferencia significativa en la parte factorial para el factor BTF. Tampoco se encontró significancia para el efecto lineal y cuadrático para los factores en esta variable.

La mayor cantidad de papa de tercera se produjo con cero kg/ha de R400 observando una tendencia negativa cuando se combina con 2.5 cc/l de BTS y 1.5 l/ha de BTF; se alcanza también una alta producción con 16 kg/ha de este fertilizante arrancador pero combinado con cinco cc/l de BTS y con 2.5 l/ha de BTF. Para el factor BTS a medida que se aumenta la dosis aumenta significativamente la producción en esta categoría, alcanzando un máximo con cinco cc/l, más ocho kg/ha de R400 y 1.5 l/ha de BTF. Se observó una tendencia negativa a medida que se aumenta la dosis de BTF alcanzando la mínima producción significativa con 2.5 l/ha al estar interaccionando con ocho kg/ha de R400 y con 2.5 cc/l de BTS, y el máximo rendimiento con 1.5 l/ha más 16 kg/ha de R400 y 5 cc/l de BTS. El análisis de varianza mostró diferencia para tratamientos y en la parte factorial se encontró significancia para los factores BTS y BTF, notando la ausencia de respuesta al R400 en todo su espacio estudiado; se encontró significancia en el efecto cuadrático para los niveles altos de BTF.

No hubo diferencia significativa en rendimiento total para R400 y BTS. Para el factor BTS el mayor rendimiento se obtiene con 2.5 cc/l cuando se combina con el nivel uno de los otros factores, y permanece constante el rendimiento al pasar a 5 cc/l; y el rendimiento mínimo se obtiene con 5 cc/l combinado con el nivel dos de R400 y BTF.

Los más altos rendimientos se obtienen con la dosis de 1.5 l/ha de BTF al combinar éste con 16 kg/ha de R400 y 5 cc/l de BTS, y hubo disminución significativa en rendimiento al pasar a 2.5 l/ha. No se encontró diferencia estadística entre tratamientos y al analizar la parte factorial por el método de Yates, se encontró diferencia significativa para el factor BTF. Los resultados encontrados coinciden con lo reportado por Rojas *et al* (1985) ya que ellos encontraron aumentos en el rendimiento de papa al aplicar activol (GA3) a la semilla y a la planta, lo mismo que Biozyme (GA3 + otras fracciones activas); tales aumentos fueron significativos en aplicación a la semilla pero no significativos cuando la aplicación fue foliar.

Análisis de Correlación

El rendimiento total de papa se asoció significativamente con papa de tercera y de primera y con el % de brotación; ésta variable y papa de segunda correlacionan con peso de tubérculos por planta y con por ciento de brotación. El porcentaje de brotación también resultó asociado con número de tallos. Esto indica un alto grado de asociación entre el porcentaje de brotación y su vigor, con el rendimiento del cultivo.

El número de tubérculos por planta también correlacionó con altura de planta y peso seco de raíz, y el peso seco de raíz resultó asociado con el número de tallos; Stallknecht (1983) menciona que al aplicar GA3 a la planta estimula el desarrollo de la parte aérea, Rojas y Ramírez (1987) señalan la inconsistencia en el rendimiento al aplicar GA3 y en ocasiones se ha tenido aumento en el número de tubérculos pero descenso en su peso total, además mencionan que el tallo y la raíz son interdependientes, el primero junto con sus ramas logran tener agua y minerales a través del sistema radical y la raíz por su parte puede sintetizar enzimas y hormonas, pero depende del tallo para que le sean transportadas las sustancias elaboradas por las hojas.

Diagnóstico Nutrimental

Se hicieron análisis foliares solo de muestras compuestas de nitrógeno, fósforo y potasio; los resultados de los análisis se procesaron por el sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS), de acuerdo a Beaufils (1973). Para el muestreo de floración, el 60% de los casos el fósforo está en primer lugar en el orden de requerimiento, el potasio se ubicó en este mismo sitio en un 40 % de los casos, mientras que el contenido de nitrógeno se ubicó en el último lugar del orden de requerimiento en la totalidad de los casos. Los tratamientos A₁B₁C₂, A₂B₂C₃ y A₂B₁C₁ presentaron las mayores concentraciones de esos elementos.

El alto requerimiento de fósforo en floración, es un problema difícil de cubrir en plantas de papa cultivadas en un suelo calcáreo, ya que de acuerdo a Thompson y Troeh (1980) la elevada basicidad del suelo reduce la solubilidad de los nutrientes fósforo, hierro, manganeso, boro y zinc, causando a veces deficiencias.

Para el muestreo realizado un día antes del desvare, se encontró que el potasio ocupó el primer lugar en el orden de requerimiento casi en la totalidad de los casos, a excepción de una muestra, el fósforo ocupó el segundo lugar en el orden de requerimiento, excepto en dos muestras, mientras que el nitrógeno al igual que en el primer muestreo, se ubicó en el último lugar en el orden de requerimiento. Tanto para el DRIS como para el

rango crítico, en este muestreo el potasio fue el elemento más requerido, pero bajo el segundo criterio, le siguió en segundo orden el nitrógeno, contradiciéndose esto con el método DRIS y el elemento menos requerido fue el fósforo; según el método DRIS, el potasio posiblemente se transloca hacia los tubérculos y sirve de transportador de carbohidratos; Mengel y Kirkby (1979) señalan que el contenido, de almidón es alto en papas bien abastecidas con potasio, debido a que este promueve la asimilación de CO₂ y la translocación de carbohidratos de las hojas al tubérculo de papa. En esta etapa los mejores tratamientos en concentración de nutrientes fueron A₁B₁C₁, A₂B₂C₂ y A₂B₁C₁, y de éstos el primero y tercero coinciden con la obtención de altos rendimientos.

CONCLUSIONES

1. El rendimiento máximo de papa se alcanzó con la interacción de 1.5 l/ha de Biozyme TF, 16 kg/ha de R400 y con 5 cc/l de BTS, en comparación con el testigo, aunque con significancia únicamente para el BTF.
2. La interacción de R400, BTS y Biozyme TF en dosis de 8 kg/ha, 7.5 cc/l y 1.5 l/ha respectivamente, incrementaron el rendimiento de papa de primera, respecto al testigo.
3. El R400, BTS y BTF en interacción con sus dosis de 16 kg/ha, 2.5 cc/l, y 1.5 l/ha respectivamente, incrementaron el rendimiento de papa de segunda, aunque no de manera significativa, en comparación con el testigo.
4. La producción de papa de tercera disminuye en proporción al aumentar la dosis de R400 en combinación con 2.5 cc/l de BTS y 1.5 l/ha de BTF. Cuando el BTS interactúa con 8 kg/ha de R400 y 1.5 l/ha de BTF, la producción de papa de tercera aumenta en proporción a su dosis, además cuando el BTF interactúa con Raizal 400 y BTS, se disminuye la producción de esta categoría en proporción a la dosis de este factor.
5. El BTS incrementó el porcentaje de la brotación de manera no significativa, con cinco cc/l de agua, y se observó mayor uniformidad y vigor en plantas tratadas con esta dosis.
6. El BTF provocó una mayor altura de planta y mejor desarrollo con la dosis de 0.5 l/ha, de manera significativa.
7. El mayor número de tallos, peso seco de hojas, número y peso de tubérculos por planta, se alcanzó con la interacción de los tres factores en su nivel uno (A₁B₁C₁), ocho kg/ha de R400, 2.5 cc/l de BTS, y 1.5 l/ha de BTF.

8. El BTS incrementó el peso seco de tallos de manera significativa con las dosis de 2.5 y 7.5 cc/l, observándose tallos más fuertes.
9. Los tres productos en estudio superaron al testigo en densidad de longitud de raíces, pero la mayor estimulación la produjo el tratamiento A₂B₁C₁, que consistió en la interacción de R400, BTS y Biozyme TF en dosis de 16 kg/ha, 7.5 cc/l y 3.5 l/ha respectivamente.
10. El orden de requerimiento de nutrientes en floración mediante el DRIS indica que el fósforo está en primer lugar, el potasio en segundo y el nitrógeno se ubicó en el último lugar. Al desvare, el potasio ocupó el primer lugar de requerimiento, el fósforo segundo lugar, y el nitrógeno en el último lugar. El tratamiento A₂B₁C₁ fue uno de los que tuvo mejor nutrición durante el ciclo del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Soil Science Bull No. 1. University of Natal, S. Africa.
- CETENAL. 1970. Carta de climas. Monterrey, Escala 1:500,000. 14R-VI. Secretaría de la Presidencia. Dirección de Planeación. México.
- _____. 1976. Carta Edafológica. Agua Nueva, G14C43. Escala 1:50,000. Secretaría de la Presidencia. México.
- _____. 1987. Carta Topográfica. Agua Nueva, G14C43. Escala 1:50,000. 2a. ed. Secretaría de la Presidencia. México.
- Delgado, I.R. 1987. Estudio del estiércol bovino, zinc y reguladores de crecimiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en Arteaga, Coah. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo. pp. 79-80.
- Ignatieff, V. y J. Harold. 1969. El uso eficaz de fertilizantes, FAO. Ed. Corr. y aum. O.N.U. Italia. 379 p.
- Maas, E.V. 1984. Crop Tolerance. En: California Agriculture vol. 38 (10): 20-21.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. University of Hoinheim. Federal Republic of Germany. pp. 429-430.

- Mengel, K. and A. Kirkby. 1979. Principles of plant nutrition. 2a. ed. International Potash Inst. p. 347-360.
- Narro F., E. 1985. Mejoradores de suelos calcáreos y fertilización fosfatada en el cultivo de papa. Agraria Vol. 1 (1) 57-70.
- Narro F., E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas, México.
- Newman, E.I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. J. Appl. Ecol. (3): 139-145.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60 USDA, USA.
- Rojas, G.M., H. Cárdenas y J.F. González R. 1985. XIX Informe de investigación 1983-1984. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, México.
- Rojas, G.M. y H. Ramírez, 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Fisiología-Tecnología-Experimentación. Editorial Limusa. México. p. 239.
- Stallknecht, Y.F. 1983. En: Nickell, L.G. (ed.) Plant Growth Regulating Chemicals vol. 1, pp. 162-174, CRC Press. Boca Ratón, Florida.
- Thompson, L.M. y F. R. Troeh. 1980. Los suelos y su fertilidad. 4a. ed. Editorial Reverté, España.
- Valdez, J.M. 1987. Informe de investigación de papa. Los Mochis, Sinaloa. pp. 5-7.
- Wareing, P.F. 1982. The control of development of the potato plant. En: McLaren, J.S. (ed.) Chemical manipulation of crop growth and development, Butterworth, London. pp. 129-137.
- Zermeño, G.H. y E. Narro F. 1990. Mejorador del suelo y reguladores del crecimiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región de Derramadero, Coahuila. Memorias XXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Comarca Lagunera. México. p 93.