

EFFECTO DEL POLIMERO AQUASTOCK® EN LA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD DEL SUELO Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE LA ACELGA (*Beta vulgaris* var *cycla*)

EFFECT OF AQUASTOCK POLYMER UPON SOIL WATER RETENTION CAPACITY AND ITS EFFECT ON BEET YIELD

I. de J. Gutiérrez Castañeda, I. Sánchez Cohen, J. Cueto Wong,
R. Trucios Caciono, R. Trejo Calzada, A. Flores Hernández

Unidad Regional Universitaria de Zonas Aridas, Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo., C.P. 35230

RESUMEN. El objetivo fue evaluar el efecto del polímero Acuastock® en el rendimiento de la acelga utilizando cuatro suelos característicos de la Comarca Lagunera: Arenoso (A), Arcilloso (R), y Migajon arcilloso (MR1) y (MR2). Fueron aplicadas dosis de 2, 4 y 8 g. Kg suelo⁻¹ de poliacrilamida (PAM) y un testigo sin PAM. Las dosis de cada uno de los tratamientos fueron mezcladas en los suelos y colocados en macetas. Los resultados indicaron las aplicaciones de PAM incrementaron el rendimiento de la acelga en un suelo arenoso, sin embargo esta tendencia es relativamente menor en comparación con un suelo arcilloso donde se obtuvieron los mejores resultados al agregar PAM a 8 g.Kg suelo⁻¹ logrando un incremento en la producción con respecto a no agregar PAM. Esto refleja un efecto de la poliacrilamida en la retención de humedad del suelo, incrementando número de hojas, peso fresco de hojas y área foliar. La aplicación de 4 g de PAM en el mismo suelo no tuvo un efecto significativo en rendimiento.

Palabras clave: Poliacrilamida, Retención, Absorción, Infiltración, Disponibilidad.

SUMMARY. The purpose of this study was to evaluate the effects of Acuastock® polymer upon yield of beet grown in four soil types of the Comarca Lagunera: sandy (A), clay (R), clayey loam (MR1) and (MR2). Three dosages of polyacrylamide (PAM) were applied to soil (2, 4 and 8 g Kg soil⁻¹) and a control without PAM. The polymer was mixed with soil for each of the dose and the mixture was placed into pots. Seeds of beet (*Beta vulgaris* var. *cycla* cv. Fordook Giant) were sown in the pots. Leaves fresh weight, number of leaves, leaf area, and yield were evaluated. The PAM increased yield of beet grown in sandy soil. However, the best results were obtained using 8 g PAM Kg soil⁻¹ as compared to control. The effect of PAM on soil water retention produced greater number of leaves, leaves fresh weight, and leaf area.

Keywords: Polyacrylamide, Retention, Absorption, Infiltration, Availability.

INTRODUCCIÓN

Un factor limitante en la agricultura de las zonas áridas es la precipitación pluvial, con su escasa y errática distribución; así como su efecto en los embalses de agua con fines de riego que ponen de manifiesto la necesidad de explorar nuevos métodos para incrementar el uso eficiente del agua de riego. Estos métodos, han variado desde prácticas de manejo hasta el uso de la biotecnología e ingeniería genética. Existe un efecto en

cascada de las variaciones en la ocurrencia de la precipitación en los diferentes ecosistemas que ocurren en las cuencas hidrológicas. Este efecto es más marcado en ecosistemas áridos caracterizados por una gran aleatoriedad en sus variables climáticas (Sánchez, 1994). Por lo que la adopción de nuevas alternativas para eficientar el uso del agua es una opción para estos ecosistemas, de las cuales destacan las siguientes alternativas:

Físicas, como captación de agua de lluvia, calendarios de riego, labranza mínima, entre otras.

Biológicas, como nuevas especies o especies tolerantes a sequía;

Socioeconómicas, donde el cambio de actividad y el hecho de vender las tierras agrícolas además de la migración a las fuentes de empleo en las ciudades, ha sido una de las alternativas que en años recientes han cobrado mayor fuerza.

Como una alternativa química se tiene el uso de la poliacrilamida (PAM).

En términos de disponibilidad de agua en el suelo, los polímeros sintéticos de alto peso molecular derivados de la poliacrilamida ofrecen una alternativa al incrementar la capacidad de retención de humedad del suelo.

El uso de polímeros sintéticos para mejorar algunas propiedades físicas del suelo se remonta al inicio de la década de los 50's. Las cantidades requeridas y el alto costo de los productos disponibles en ese entonces limitaron fuertemente su uso generalizado. Sin embargo, es innegable el beneficio que productos como las poliacrilamidas u otros similares ha producido sobre las propiedades físicas del suelo y la respuesta de algunos cultivos.

Características de la poliacrilamida

La poliacrilamida es un gel que se forma como consecuencia de la polimerización de monómeros de acrilamida en cadenas largas unidas entre sí,

constituyendo una red por medio de unidades de bisacrilamida (Figura 1).

Seybold (1994), destaca que entre sus propiedades está: el PAM es un polímero sintético orgánico de alto peso molecular. Soluble en agua que primeramente interactúa en las fracciones de las arcillas del suelo. Es efectiva en la estabilidad de los agregados del suelo, reduciendo la erosión del mismo e incrementando la infiltración del agua y también ha tenido un impacto indirecto significativo sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Bowman, *et al.* (1990), estudiando el efecto de sales fertilizantes sobre las propiedades físicas e hidratación de la poliacrilamida, señalan que la hidratación de tres geles hidrofílicos de poliacrilamida en agua deionizada vario de 340 a 420 gramos por gramo de gel. La hidratación se ve inhibida progresivamente por la concentración de sales de fertilizantes de 0 a 20 meq/litro⁻¹.

El efecto de la aplicación de poliacrilamidas sintéticas sobre propiedades físicas del suelo ha sido reportado por diferentes investigadores. Terry y Nelson (1986), establecieron un experimento en donde evaluaron el efecto en la densidad aparente, la resistencia a la penetración y la estabilidad de los agregados del suelo al aplicar 650 kg/ha (0.25g.kg suelo⁻¹) de PAM bajo dos sistemas de irrigación. Los resultados mostraron un efecto inmediato que se mantuvo a lo largo de la investigación de la aplicación de la PAM sobre la densidad aparente del suelo (0.11 – 0.20 g/cm³ menos que el testigo sin PAM) y concluyeron que el método de riego por sí mismo no tuvo efecto sobre la estabilidad de los agregados del suelo, pero ésta fue tres a cuatro veces menor en el tratamiento que recibió PAM.

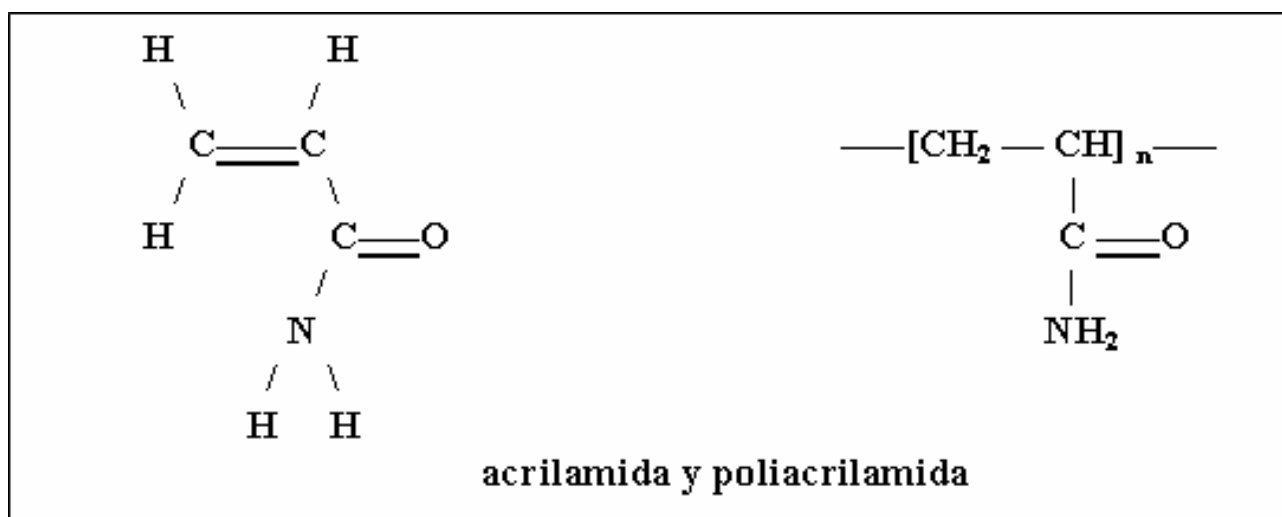


Figura 1. Esquema general de un monomero de acrilamida y estructura de un polimero de poliacrilamida.

Helalia y Letey (1988) utilizaron una solución baja en electrolitos (1 mol (c) m³), obteniendo como resultado una mayor efectividad para promover la floculación de las arcillas con una concentración de 10 mg L de PAM. La floculación decreció muy ligeramente a medida que el RAS se incremento, indicando que el efecto de la concentración de electrolitos fue factor determinante en la dispersión de las arcillas en el suelo.

Levy *et al.* (1992), estudiaron los efectos de PAM sobre, la erosión e infiltración del suelo durante riegos consecutivos por aspersión, mostraron que durante los tres primeros riegos la tasa final de infiltración de los suelos fue significativamente mayor que en suelos sin aplicaciones de polímeros.

Wallace y Wallace (1986a), encontraron que la aplicación de una poliacrilamida aniónica (PAM) y un polisacárido de origen natural incrementaron el porcentaje de emergencia y el peso de las plántulas de tomate algodón y lechuga al aplicarlos a diferentes tipos de suelos.

Stern *et al.* (1992), en un estudio para medir los efectos de la poliacrilamida sobre la superficie del suelo y el rendimiento del trigo encontraron que el porcentaje de escurrimiento para el testigo fue de 36.1% del total del riego durante la estación de crecimiento del trigo, 12.8% para fosfoyeso, 1.4% para poliacrilamida plus y 1.1 para pitting plus. La producción de biomasa en pitting y poliacrilamida plus fue significativamente superior que fosfoyeso y el testigo (8.81 y 7.91 vs 6.41 y 5.47 mg ha⁻¹ respectivamente). El pitting plus, PAM y fosfoyeso resultaron significativamente superiores en el uso eficiente de agua de riego que el testigo.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del estudio

la investigación se realizó en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA) dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Gómez Palacio Durango, en el km. 6 + 500, margen derecho del canal sacramento, del Distrito de Riego N° 17.

Hidrogel. Se utilizó el polímero Aquastock®. El hidrogel correspondió a un copolímero de poliacrilamida a base de poliacrilatos de potasio entrecruzados, con apariencia de cristales blancos de forma irregular, inodoro densidad de 0.7 – 1.0 g/c.c. aproximadamente, con pH de 7.0 ± 0.5 y punto de fusión mayor a 200°C, no inflamable. Su capacidad de absorción de agua es de

alrededor de 200 veces su peso seco en agua deionizada. Porcentaje soluble menor del 5%.

Experimento. Se establecieron 48 macetas con plantas de acelgas y 32 macetas mas únicamente con suelo, colocándolas en los costados del invernadero y se evaluó la respuesta de la acelga sembrada en las macetas a la aplicación de tres dosis de poliacrilamida mas un testigo sin el producto: 0, 2, 4 y 8 g PAM / kg de suelo, en cuatro tipos de suelo representativos de la Comarca Lagunera.

Análisis de laboratorio. Mediante análisis de laboratorio se realizaron las determinaciones físicas y químicas siguientes;

Físicas: Textura, Densidad aparente, porciento de saturación, Capacidad de Campo, PMP y Materia Orgánica (Cuadro 5).

Determinaciones químicas: Conductividad eléctrica, Reacción del suelo, Cationes y Aniones y salinidad (Cuadro 6).

Cultivo. La acelga (*Beta vulgaris* variedad *cycla*) pertenece a la familia de las quenopodiáceas, la variedad utilizada fue Fordook Giant y sembrada el 03 de septiembre del 2003, en 48 macetas de 20 cm. de diámetro, con un área de 0.0314 m² (1 planta por maceta).

Riego. Las macetas fueron regadas cada tercer día y los riegos se llevaron a cabo por diferencia de pesos entre cada riego hasta llegar a capacidad de campo.

Fertilización. La mezcla utilizada para la fertilización del cultivo fue Urea (46%) y Fosfato Monoamónico (11-52-00) a una dosis de 576 Kg de Map y 514 Kg de Urea por hectárea. Lo que resulta en 1.81 g de Map / maceta y 1.61 g de Urea / Maceta.

Diseño experimental. El diseño experimental fue factorial completo con diseño de tratamientos completamente al azar en A*B con 3 repeticiones y cuatro niveles de dosis de PAM y cuatro niveles de suelos.

Variables medidas. Las variables evaluadas fueron, numero de hojas, peso fresco de hojas, área foliar, transpiración, evaporación y evapotranspiración.

RESULTADOS Y DISCUSION

Numero de Hojas

Los efectos medios para el numero de hojas, resultaron estadísticamente significativos para una probabilidad de ocurrencia menor del 5% (P<.05) para la interacción

(Dosis y Suelo) y altamente significativas ($P < .01$) para el tipo de suelo, pero no hubo diferencia para la dosis de PAM (Cuadro 7).

Las plantas tratadas con una dosis de 2g de poliácridamida (PAM) por kilogramo de suelo obtuvieron mayor número de hojas en promedio por corte en el suelo arcilloso (3.6 hojas) en relación al suelo arenoso (2.1 hojas). Las plantas tratadas con una dosis de 8g de PAM mostraron un mayor número de hojas (5.33) en comparación con un suelo migajon arcilloso (MR1) con 1.8 hojas promedio, con la misma dosis de poliácridamida.

Las plantas establecidas en un suelo arcilloso al cual se le agregó 8g de PAM obtuvieron un 84% más de número de hojas promedio que en la dosis de 4g de PAM y 63% más que el testigo.

Para el caso de los suelos Migajon arcilloso 2 (MR2) y arenoso (A), el agregar poliácridamida hasta una dosis de 8 g.kg suelo⁻¹, no tuvo el mismo efecto que en suelos arcillosos, como se observa en el Cuadro 1.

Peso fresco de hojas

Los efectos medios para el peso fresco de hojas, al considerar el tipo de suelo y la dosis de poliácridamida resultaron ($P < .05$) y ($P < .01$) para el tipo de suelo, pero no hubo diferencia ($P = .39$) para la dosis de PAM (Cuadro 8).

En los tratamientos sin poliácridamida se observa que la diferencia se dio entre los suelos arenosos (A) y arcilloso (R) siendo esta un 64% más de peso fresco de hojas en el suelo arcilloso. Para la dosis de 2g de PAM se encontró que el suelo arenoso tuvo un menor peso fresco de hojas incrementándose un 40% para el suelo migajon arcilloso (MR2), 60% en el suelo migajon

arcilloso (MR1) y un 78% en el suelo arcilloso (R). Sin embargo a diferencia de las dosis de 0 y 2g de PAM en la dosis de 4g se observa que el suelo más bajo fue el MR2 con 8g menos de peso que en el suelo migajon arcilloso (MR1).

En la dosis de 8g de PAM en suelo arcilloso se obtuvieron 16g más de peso fresco de hojas que en los suelos migajon arcilloso (MR2) y arenoso, 55% más que el suelo MR1.

En el suelo migajon arcilloso (MR1) se obtuvo mayor peso fresco de hojas con 2 y 4g de poliácridamida en un 14 y 16% respectivamente en relación a la aplicación de 8g de PAM. Sin embargo, para el suelo arcilloso se observó que con 8g de PAM se obtuvo un 27% más de peso fresco de hojas con respecto al testigo. (Cuadro 2).

El suelo que presentó mejor comportamiento a la dosis aplicada de poliácridamida fue el arcilloso (R), donde el peso fresco de hojas fue de 32.3g., 11.7g más que el suelo arenoso.

Área foliar

Los efectos medios para el área foliar, resultaron estadísticamente significativos para la interacción (Dosis y Suelo) y altamente significativas para el tipo de suelo, pero no hubo diferencia para la dosis de PAM (Cuadro 9).

En el suelo migajon arcilloso (MR1) se puede observar que con la dosis de 4g de poliácridamida se obtuvo un mayor índice de área foliar (437 cm²) que con la dosis de 8g (255 cm²) y con respecto al testigo resultó un 19% mayor. Sin embargo, en el suelo arcilloso, se observa que la dosis de 8g de PAM fue la de mayor incremento con respecto a la dosis de 0g de

Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza del número de hojas por corte, para los diferentes tipos de suelo y dosis de la poliácridamida (PAM).

SUELO	DOSIS g/kg de suelo								MEDIAS	
	0		2		4		8			
Arenoso	2.30	A	2.07	A	2.33	A	3.03	A	2.433	A
	a		a		a		a			
Migajon arcilloso 1	2.90	A	3.53	A	3.20	A	1.80	A	2.852	A
	a		a b		a		a			
Arcilloso	3.27	A	3.63	A	2.9	A	5.33	B	3.783	B
	a		b		a		b			
Migajon arcilloso 2	3.00	A	2.33	A	2.07	A	2.53	A	2.483	A

Cuadro 2. Resultados del análisis de varianza de la variable peso fresco de hojas para los diferentes tipos de suelo y dosis de poliacrilamida (PAM).

SUELO	DOSIS g/kg de suelo								MEDIAS	
	0		2		4		8			
Arenoso	18.67	A	17.93	A	22.97	A	22.77	A	20.583	A
	a		a		a b		a			
Migajon arcilloso 1	21.83	A	28.73	B	29.13	B	25.07	A B	26.192	B
	a b		b c		b		a			
Arcilloso	30.63	A	31.87	A	27.93	A	38.87	B	32.325	B
	a b		c		a b		b			
Migajon arcilloso 2	26.73	A	25.03	A	21.57	A	22.63	A	23.992	C
	b		b		a		a			

Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza de la variable índice de Área Foliar para los diferentes tipos de suelo y dosis de poliacrilamida (PAM).

SUELO	DOSIS g/kg de suelo								MEDIAS	
	0		2		4		8			
Arenoso	269.47	A	263.53	A	277.67	A	300.80	A	277.87	A
	a		a		a b		a			
Migajon arcilloso 1	367.67	A B	361.27	A B	436.93	B	255.20	A	355.27	A B
	b		a b		b		a			
Arcilloso	419.40	A	458.47	A	389.67	A	618.33	B	471.47	C
	a b		b		b		b			
Migajon arcilloso 2	378.87	A	318.00	A	249.67	A	277.60	A	306.03	A
	a b		a		a		a			

poliacrilamida con una diferencia de 199cm² (47% mas de área foliar).

El área foliar obtenida por las plantas que se desarrollaron en el suelo arcilloso mostró un incremento en la dosis de 8 g de PAM de 363.13 cm² mas que el suelo MR1 con la misma dosis de poliacrilamida, en el cual únicamente la dosis de 4g de PAM mostró incremento en el área foliar. Sin embargo para el suelo salino las dosis aplicadas de PAM no reflejaron incremento en el área foliar en comparación con el testigo disminuyendo 129.2 cm² en la dosis de 4 g de PAM como se observa en el Cuadro 3.

Para la dosis aplicada, el suelo que mejor comportamiento mostró, resultado ser el arcilloso con 471 cm² de área foliar, 70% más que lo obtenido en el suelo arenoso.

Agua evapotranspirada

El suelo que menor evapotranspiración mostró fue el suelo arenoso y el suelo con mayor evapotranspiración fue el suelo MR2, manteniéndose el suelo MR1 y arcilloso, con una tasa de evapotranspiración intermedia (Figura 2).

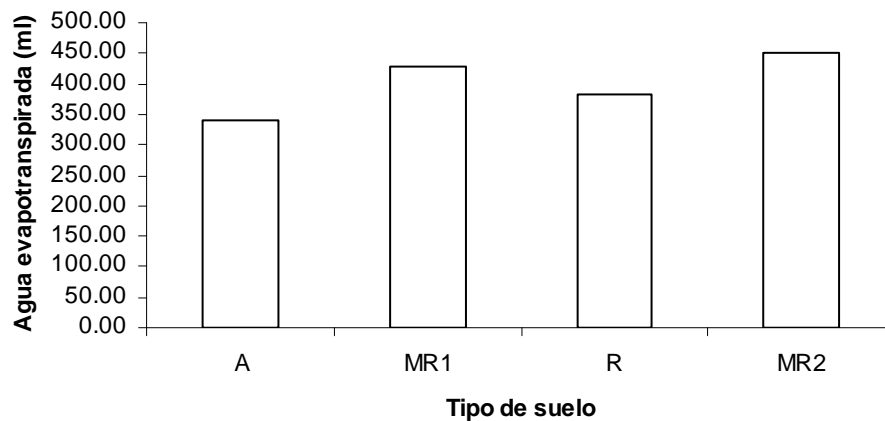


Figura 2. Agua evapotranspirada por los diferentes tipos de suelo con las dosis de poliacrilamida (PAM).

Cuadro 4. Peso de las macetas de cada suelo a capacidad de campo y después del abatimiento de la humedad del mismo con las diferentes dosis de PAM.

Dosis	Peso de las macetas antes del riego (g)			
	Arcilloso (R)	Arenoso (A)	Migajon Arcilloso (MR1)	Migajon arcilloso (MR2)
C. C.	5768	5357	5807	5713
0	5562.5	4975	5302.5	5145
2	5562.5	4997.5	5325	5156
4	5602.5	5132.5	5362.5	5162.5
8	5605.2	5167.5	5555	5156

Cuadro 5. Propiedades físicas de los suelos utilizados en el experimento.

Propiedad del suelo	Tipo de suelo			
	Arcilloso (R)	Arenoso (A)	Migajon arcilloso 1 (MR1)	Migajon arcilloso 2 (MR2)
Características Físicas				
Arena (%)	24	50	22	26
Limo (%)	36	36	44	44
Arcilla (%)	40	14	34	30
Clasificación	R	A	MR	MR
Porcentaje de Saturación	62	35.9	47.1	39.5
C. C.	29.49	19.94	30.42	28.21
P. M. P.	18.11	7.3	15.74	13.0

Cuadro 6. Propiedades químicas de los suelos utilizados en el experimento.

Propiedad del suelo	Tipo de suelo			
	Arcilloso (R)	Arenoso (A)	Migajon arcilloso 1 (MR1)	Migajon arcilloso 2 (MR2)
Generales				
pH	8.2	8.6	8.5	8.4
Carbonatos totales (%)	3.2	4.1	4.2	5.7
CIC (meq / 100 g)	29.0	14.2	26.5	22.6
Cationes intercambiables				
K (meq K / 100 g)	2.7	2.2	2.4	3.8
Ca (meq Ca / 100 g)	17.7	11.5	20.4	18.6
Mg (meq Mg / 100 g)	3.6	0.6	1.9	1.9
Na (meq Na / 100 g)	0.87	0.2	0.5	0.6
Salinidad				
Cond. Elec. (dS / m)	6.4	0.7	1.6	1.8
PSI (%)	3.0	1.5	1.9	2.5
Fertilidad				
Materia orgánica (%)	2.6	0.7	1.2	1.5
N - NO ₃ (mg / kg de suelo)	191	13	29	18
P (mg / kg de suelo)	63	27	14	20
K (mg / kg de suelo)	1115	870	975	1521

En el Cuadro 4 se observa que a medida que se incrementa el contenido de PAM el volumen de agua necesario para elevar a capacidad de campo las macetas con los suelos disminuye.

En los suelos con dosis altas de PAM el volumen a reponer es menor, y esa tendencia es más marcada en suelos arcillosos.

En suelo arcilloso se observó que al agregar PAM a 8g.kg suelo⁻¹ se tiene un incremento en la producción con respecto a no agregar PAM. Esto refleja algún efecto de la poliacrilamida en la retención de humedad del suelo, incrementando número de hojas, peso fresco de hojas y área foliar. Sin embargo al aplicar una dosis 4 g de PAM no siguió la misma tendencia puesto que la disponibilidad y absorción de agua se ve limitada en un suelo salino (Véase Cuadro 6). En relación a esto, investigaciones realizadas por Araya (1997), determinaron que la concentración salina reduce el potencial de absorción de agua de la poliacrilamida. No

obstante el suelo arcilloso fue el suelo que mejores resultados obtuvo con la aplicación de la poliacrilamida.

Se encontró una respuesta lineal del producto en función del contenido de arcilla del suelo, sin embargo en términos prácticos de rentabilidad las dosis son incosteables y la literatura reporta que se obtienen mejores resultados a menores dosis de poliacrilamida como lo muestran investigaciones de Cook y Nelson (1986) donde trabajaron con 0.03g de PAM por kilogramo de suelo. y Wallace y Wallace (1986a) que utilizaron dosis de 0.26g.kg suelo⁻¹ de poliacrilamida.

El problema de la falta de rentabilidad en el uso de acondicionadores físicos del suelo del tipo de la poliacrilamida ha sido reportado en algunos trabajos. Por ejemplo, Wallace y Wallace (1986c), evaluaron dosis de PAM tan pequeñas como 0.00025 – 0.0010% del peso del suelo a 15 cm de profundidad (cantidades equivalentes a 5 – 20 kg / ha) y aún así encontraron una mejora en la porosidad y la velocidad de infiltración del agua en el suelo.

CONCLUSIONES

En suelos arcillosos se obtiene una tendencia lineal que muestra mejores resultados con una dosis de 8g de poliacrilamida por kg de suelo, puesto que la producción de número de hojas, peso fresco de hojas y área foliar, fueron mayores a esta dosis que en cualquier otra.

En suelos arenosos la producción mantuvo un incremento estable a medida que la dosis se incrementaba no obstante la aplicación de la dosis no mostró diferencia significativa en este suelo, lo cual indica que no hay diferencia entre aplicar PAM y no aplicar.

Sin embargo, se observó que un suelo poco productivo y con baja capacidad de retención de humedad debido a las propiedades físicas de su textura como es el arenoso, pasó a ser un suelo productivo, en términos relativos comparándolo con el suelo arcilloso.

LITERATURA CITADA

- ARAYA, E. 1997. Evaluación de las propiedades físico-hídricas de dos poliacrilamidas. Tesis Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 95 p.
- Bowman, D. C.; Evans, R. Y. y Paul, J. L. 1990. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. *J-Am-Soc-Hortic-Sci* 115:382-386.
- Cook, D.F. y Nelson, S.D. 1986. Effects of polyacrilamide on seedling emergence in crust-forming soils. *Soil Science*: 141(5):328-333.
- Helalia, A. M. y Letey, J. 1988. Polymer type and water quality effects on soil dispersion. *Soil-Sci-Soc-Am-J* v.52, p.243-246.
- Levy, G. J.; Levin, J.; Gal, M.; Ben Hur, M. y Shainberg, I. 1992. Polymers' effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated sprinkler irrigations. *Soil-Sci-Soc-Am-J* v.56, p.902-907.
- Sanchez C. I. 1994. Evaluating strip farming systems: A stochastic Approach. Ph D. Dissertation. Department of Arid Lands Resources Sciences. The University of Arizona. Tucson, A. Z. 120 pp.
- Seybold, C. A. (1994). Polyacrylamide review: soil conditioning and environmental fate. *Commun-soil-sci-plant-anal* .25:2171-2185.
- Stern, R.; Van Der Merwe, A. J.; Laker, M. C. y Shainberg, I. 1992. Effect of soil surface treatments of runoff and wheat yields under irrigation. *Agron-J*. 84:114-119.
- Terry, R.E. y Nelson, S.D. 1986. Effects of polyacrilamide and irrigation method on soil physical properties. *Soil Science*:141(5):317-320.
- Wallace, A. y Wallace, G.A. 1986a. Effect of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton, and lettuce seedlings. *Soil Science*:141(5):313-316.
- Wallace, A. y Wallace, G.A. 1986c. Effects of very low rates of syththetic soil conditioners on soils. *Soil Science*:141(5):324-327.