

Eficiencia en el uso del agua y crecimiento en calabaza por el uso de poliacrilamida

Water use efficiency and growth in squash by the use of polyacrylamide

Núñez-Ramírez¹*Fidel, Robles-Contreras Fabián², Vázquez-Angulo Juan Carlos³, Martínez-Varela Kenneth Jharym¹

1 Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Carretera a Delta s/n, ejido Nuevo León. 21705 Mexicali, Baja California, México.

2 Campo Experimental Costa de Hermosillo, Sitio Experimental Caborca. INIFAP. Avenida S No. 8 Norte. C. P. 83600. H. Caborca Sonora, México.

3 Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín. Universidad Autónoma de Baja California. Carretera transpeninsular km 180.2, C.P. 22930, Ejido Padre Kino, San Quintín, Baja California, México.

Autor para la correspondencia *Fidel Núñez-Ramírez. fidel.nunez@uabc.edu.mx

Resumen

Se realizó un estudio en plántulas del cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo* L.), con el objetivo de conocer su crecimiento y desarrollo, así como la utilización de agua de riego por la aplicación de cuatro dosis de poliacrilamida (PAM; 0, 5, 10 y 20 g maceta⁻¹) mezclada en sustrato. Durante el estudio, se midió el consumo de agua en cada uno de los tratamientos. Al final del estudio se midió el peso fresco y peso seco de las plantas; así mismo se midió el área foliar, la cantidad total de agua aplicada y la eficiencia en el uso del agua. Los resultados mostraron que después de once días de iniciados los tratamientos, se encontraron diferencias significativas en la utilización del agua por las plántulas ($P < 0.05$), siendo los tratamientos de 10 y 20 g de PAM maceta⁻¹ los que conservaron más agua en el sustrato. Solo el peso fresco de la parte aérea presentó diferencias significativas a la aplicación de los tratamientos ($P < 0.05$). El área foliar no se afectó significativamente por los tratamientos aplicados ($P > 0.05$). Sin embargo, conforme se incrementó la dosis de PAM, se redujo la aplicación del agua de riego, resultando en una mayor eficiencia en el uso del agua por biomasa producida. Se concluyó que con la utilización PAM, es posible reducir el agua de riego a las plántulas de calabacita al tiempo que se mantiene el crecimiento.

Palabras clave: agua de riego, bioproductividad, *Cucurbita pepo*, biomasa fresca, biomasa seca.

Abstract

A study was conducted on squad crop plants (*Cucurbita pepo* L.), with the aim of know their growth and development, as the water use efficiency by effect of the application of four rates of polyacrylamide (PAM; 0, 5, 10 y 20 g pot⁻¹) mixed with substrate. During the study, consumption of water in each treatment was measured. At the end of the experiment, foliar area was measured, application of water, and the water use efficiency. The results shown that after twelve days of initiated the treatments, significantly differences were found between treatments by the use of irrigation water ($P < 0.05$); Treatments de 10 y 20 g of PAM pot⁻¹, conserve high water quantity. However, as the PAM rates were increased, the irrigation water rates were lowered, thus in turn result in a major water use efficiency. In conclusion, with the PAM use is possible to reduce the water irrigation on squad crop plants, whereas crop growth is kept.

Key words: bio-productivity, *Cucurbita pepo*, dry biomass, fresh biomass, irrigation water.

DOI 10.46588/invurnus.v16i1.44

Recibido 17/07/2021

Aceptado 30/08/2021

Publicado 31/08/2021

Introducción

La poliacrilamida (PAM) utilizada en la agricultura, almacena agua a partir de granos de un polímero modificado que atrapan el líquido y lo concentran en pequeñas esferas en forma de gel (Sojka et al., 2007). Los polímeros, del tamaño de un grano de azúcar, funcionan ionizando moléculas de agua y las mantienen unidas en un solo cuerpo. El fácil manejo y uso de la PAM es uno de los aspectos que hacen muy interesante su utilización. La PAM puede ser usada para controlar suelos sellados y costrosos (Lentz, et al., 1998; Sojka et al., 1998), incrementar la emergencia de plántulas (Green y Stott, 1999), reducir su erosión (Tümsava y Kara 2011; Sojka y Lentz, 1997; Sojka y Entry, 2000), así como reducir las pérdidas en las aplicaciones al suelo de fertilizantes y pesticidas (Bjorneberg et al., 2000; Green y Stott, 1999).

La respuesta favorable de utilizar PAM en suelos también se refleja en la productividad de los cultivos. Por ejemplo, estudios llevados a cabo por (Silberbush et al., 1993a) utilizando agua salina, obtuvieron apreciables producciones de repollo (*Brassica oleracea* var. capitata) cuando fue utilizado la PAM. Lentz y Sojka (2009) encontraron que al utilizar PAM en cultivos de frijol ('Viva Pink' *Phaseolus vulgaris* L.) y maíz para silo (*Zea mays* L.), los rendimientos se incrementaron en un 14.3 y 4.5 % respectivamente. Igualmente, Silberbush et al. (1993b) identificaron la utilidad de la PAM cuando cosecharon maíz, indicando que a mayor cantidad de PAM utilizado se obtuvieron mayores rendimientos, aunque ellos señalaron que el sistema de riego utilizado puede influir en la obtención de resultados.

En México se siembran alrededor de 15,205 hectáreas del cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo*) con rendimiento promedio de 19.66 ton ha⁻¹ (INFOSIAP, 2018). Del total de la superficie de siembra, en Baja California se cosecharon alrededor de 550 con rendimientos promedio superiores a las 22.0 ton ha⁻¹ (SIAP, 2020). Tales resultados indican diversificación de cultivos, además de una oportunidad de producción para este estado el cual se encuentra afectado por las constantes restricciones de agua (PHRV2030, 2012). Debido a lo anterior, la utilización de PAM en el cultivo de calabacita en Baja California podría ser una opción de utilización para el ahorro agua. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de la aplicación de poliacrilamida en sustrato sobre el crecimiento de plántulas de calabaza.

Metodología

Ubicación del Estudio

El presente estudio se llevó a cabo bajo condiciones controladas en cámara de germinación con luz artificial (700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ máxima densidad de flujo de fotones fotosintéticos [PPFD]) y control de temperatura (≈ 22.0 °C) y ≈ 10 h de luz natural (fotoperiodo). Se utilizaron plántulas de dos semanas de edad de calabaza criolla (*Cucurbita pepo* L.) trasplantadas en macetas de 12 cm de diámetro por 12 cm de altura con un volumen de sustrato de 1.25 dm³ de Peat-Moss Turba (Premier Sphagnum, Canada). La cámara de germinación se mantuvo a temperaturas máximas y mínimas de 10 y 26 °C, con 14 horas de luz y 10 de oscuridad. Los tratamientos evaluados fueron niveles crecientes de PAM (Lluvia solida®) compuestas por 0, 5, 10 y 20 g de producto en cada maceta. Cada uno de los tratamientos se repitió cuatro veces bajo un diseño experimental distribuido completamente al azar.



Manejo de las Plántulas

Al momento del trasplante a cada maceta se le agregó 500 mL de agua con el objetivo de humedecer el sustrato, y además 1 g fertilizante compuesto por nitrógeno, fósforo y potasio a concentración de 19 % (19-19-19). Cada segundo o tercer día se midió en una balanza, la pérdida de peso de cada maceta con el fin de cuantificar el consumo de agua por la planta. Cuando el tratamiento 0 g de PAM perdió el 40 % de su peso, todos los tratamientos se irrigaron proporcionalmente hasta alcanzar el peso del tratamiento 20 g.

Análisis Estadístico

Durante cada pesaje se realizó análisis de varianza entre los tratamientos. A los treinta y cinco días después de iniciado el estudio se cosecharon las plántulas y se les determinó el peso fresco de la parte aérea, la raíz y planta completa. Así mismo se midió el área foliar de cada plántula, con el medidor de área foliar LICOR 300. Posteriormente, las plántulas se sometieron a secado en estufa a aire forzado (60 °C) por cuatro días y se determinó el peso seco. Adicionalmente se identificó la eficiencia en el uso del agua por materia seca producida. A estas variables también se les realizó análisis de varianza. Cuando se identificó diferencias entre tratamientos, se efectuó comparación de medias a través de la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

Pérdida de agua en el sustrato

Durante los primeros ocho días después del trasplante (ddt) no se presentaron diferencias significativas en la pérdida de peso por efecto de cada uno de los tratamientos ($P > 0.05$; Figura 1). Sin embargo, después de 11 ddt, el tratamiento de 20 g de PAM resultó diferente al resto de los tratamientos conservando una humedad mayor de $\approx 10\%$ ($P < 0.05$). El comportamiento de este tratamiento con respecto al resto, continuó hasta los 16 ddt ($P < 0.01$), momento en el cual el tratamiento de 20 g de PAM resultó ser diferente tratamiento de 10 g de PAM y este a su vez diferente al resto de los tratamientos. A los 22 ddt los tratamientos que contenían PAM resultaron ser diferentes al testigo 0 g de PAM ($P < 0.01$).

El riego de recuperación de humedad con respecto al tratamiento de 20 g de PAM maceta⁻¹ se realizó a los 23 ddt. Cinco días después de realizado este riego (28 ddt), los tratamientos con PAM fueron significativamente diferentes al testigo e iguales entre ellos ($P < 0.05$). Después de los 30 ddt y hasta los 35 ddt, todos los tratamientos fueron diferentes entre sí ($P < 0.01$). Los resultados anteriores reflejan la efectividad de la PAM en mantener el agua de riego aplicada y evitar su pérdida por evaporación del sustrato (Silberbush et al., 1993a).



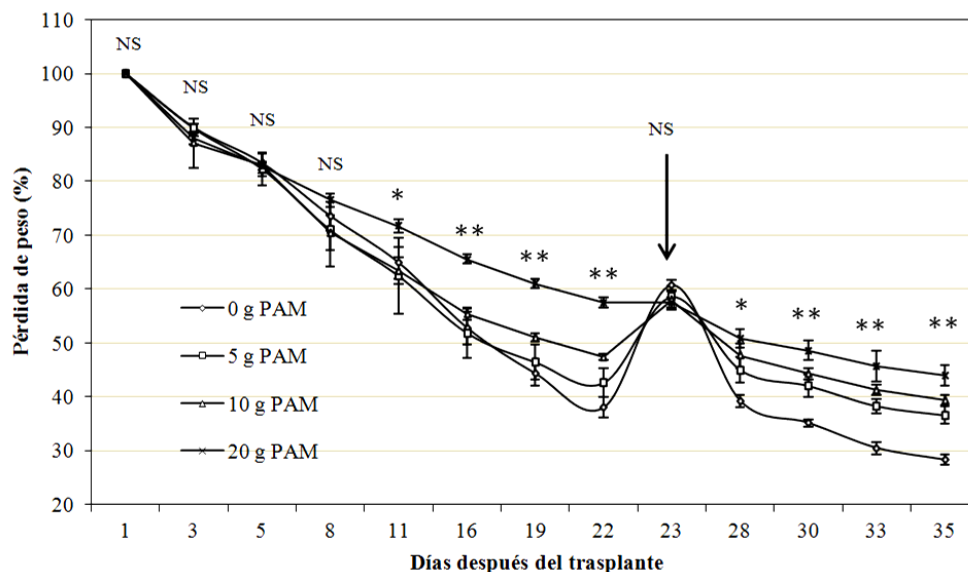


Figura 1. Dinámica de pérdida de agua en plántulas de calabaza por el efecto de cuatro niveles de PAM. La flecha representa la aplicación de agua en los tratamientos 0, 5 y 10 g de PAM para igualar al tratamiento 20 g de PAM. Las barras representan la desviación estándar de $n = 4$; NS, *, **: No significancia ($P > 0.05$), significativo ($P < 0.05$) y altamente significativo ($P < 0.01$).

Peso fresco de la plántula

La Figura 2, muestra los pesos frescos de a) parte aérea, b) raíz y c) plántula completa de calabaza por el efecto de cuatro dosis de PAM. La parte aérea mostró una tendencia a acumular materia al finalizar el estudio, aunque hasta la fecha en que se finalizó este estudio, no se presentaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). En cambio, al medir el peso fresco de la raíz, el valor mayor se obtuvo con la aplicación de 5 g de PAM y el menor valor con 20 g de PAM ($P < 0.05$). Lo anterior podría explicar la disponibilidad del recurso agua por parte de los diferentes niveles de PAM hacia la parte aérea de las plántulas y la no necesidad por desarrollar el crecimiento radicular para obtener agua (Hsiao, 2000).

Para el caso del peso fresco de plántulas completas de calabaza no se encontraron diferencias significativas a los tratamientos ($P > 0.05$). Lo anterior sugiere que durante el tiempo que duró el estudio la planta no estuvo bajo condiciones de estrés hídrico. Al respecto, Wu et al. (2012) indican que el potencial que provee la PAM sobre los cultivos es directamente sobre el sustrato en el cual se desarrollan. Y que la evidencia sobre su función fisiológica en la planta es difícilmente comprobable. Lo anterior sobre todo cuando se compara la función de la PAM bajo condiciones de no restricción de agua. En este sentido, la mayoría de los estudios se enfocan en evaluar la PAM bajo condiciones de restricción de agua (Arbona et al., 2005; Del Amor y Gómez-López, 2009).



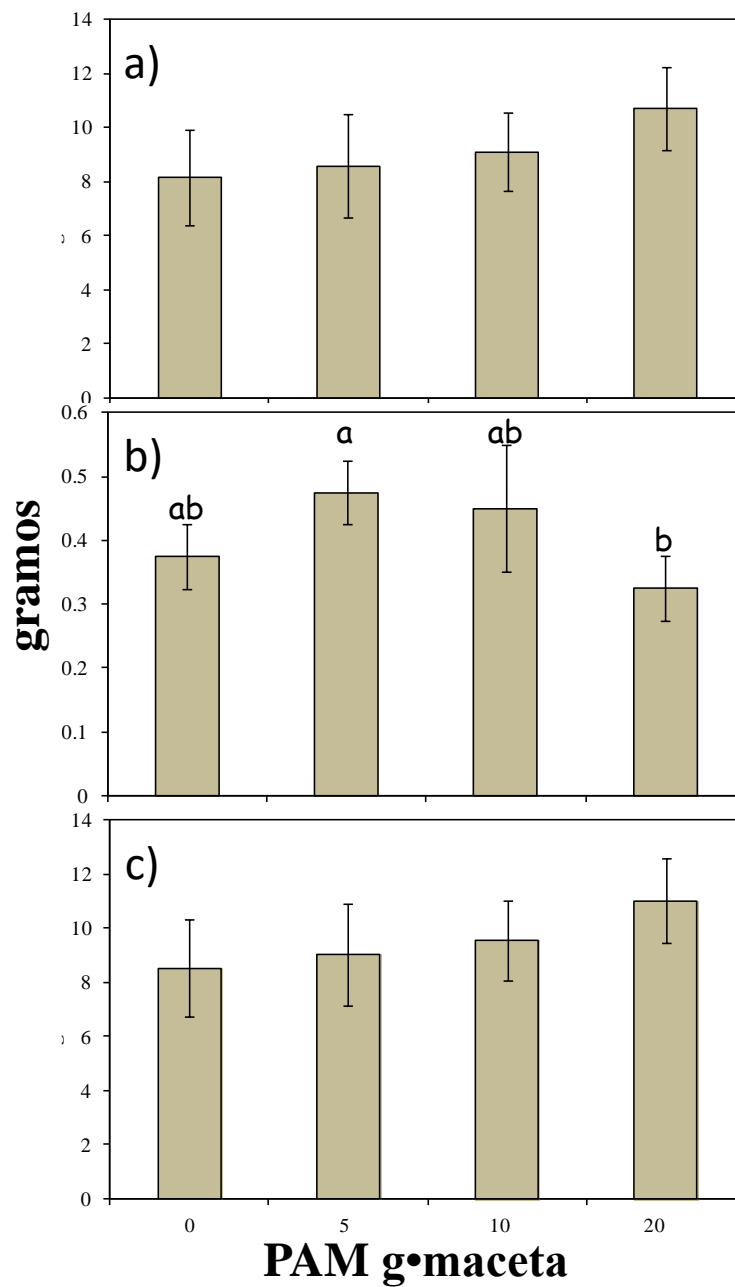


Figura 2. Peso fresco de a) parte aérea, b) raíz y c) plántula completa de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) por el efecto de cuatro niveles de PAM. Las barras representan la desviación estándar de $n = 4$; barras con la misma letra denotan igualdad entre tratamientos.



Peso seco de la plántula

La Figura 3 muestra el peso seco de a) tallos, b) hojas y c) parte aérea de la plántula completa de calabaza por el efecto de cuatro niveles de la PAM. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P > 0.05$). Aunque el incremento en el peso fresco o peso seco de las plantas se considera una medida de crecimiento, Huang et al. (2019) indican que no siempre se relacionan proporcionalmente. Considerando en este estudio, que las plantas no estuvieron bajo estrés hídrico, el único efecto fue el ahorro del agua, como más adelante se mostrará con la eficiencia del uso del agua.

La Tabla 1, muestra el efecto de la aplicación de la PAM sobre el área foliar, agua aplicada y eficiencia en el uso del agua en plántulas de calabaza (*Cucurbita pepo* L.). No se encontraron diferencias significativas en el área foliar desarrollada por las plántulas al final del estudio ($P > 0.05$). Sin embargo, fue evidente que conforme se incrementó la dosis de PAM, se redujo la cantidad de agua necesaria para mantener el sustrato hidratado ($P < 0.01$) ($\text{mL agua} = -0.1264 [\text{g maceta}^{-1} \text{ PAM}] + 75.145$; $R^2 = 0.983$). En general, al comparar con el testigo las plantas que recibieron 10 y 20 g maceta⁻¹ de PAM, estas fueron más eficientes en el uso del agua de riego en un 16 y 23 % ($P < 0.01$).

Al respecto, Chávez et al. (2010) realizaron un estudio de campo con el cultivo de avena (*Avena sativa*) utilizando PAM y sulfato de calcio como mejorador de suelo. En general, el tratamiento con PAM amplió el intervalo de tiempo entre riegos, lo que al final del estudio repercutió en un ahorro aproximado del 20% de la lámina total calculada. Por su parte Lentz et al. (2001), menciona que el utilizar PAM en sistemas de riego por gravedad se incrementa el uso eficiente del agua y los nutrientes, a la vez que se previene las pérdidas de nutrientes por lixiviación, así como se reduce la erosión del suelo.

Conclusiones

En este estudio se encontró que el uso de la PAM puede jugar un papel importante en la producción de plantas de calabacita. Aún sin someter a las plantas a un estrés hídrico, la utilización de PAM, ayuda a ahorrar agua mientras mantiene el crecimiento de la planta. En este sentido, es posible obtener plantas de igual crecimiento (peso seco de la planta y área foliar) pero con una menor cantidad de agua de riego. Más estudios son necesarios utilizando PAM en cultivo establecido en suelo y considerar la evaluación desde plántula hasta cosecha.



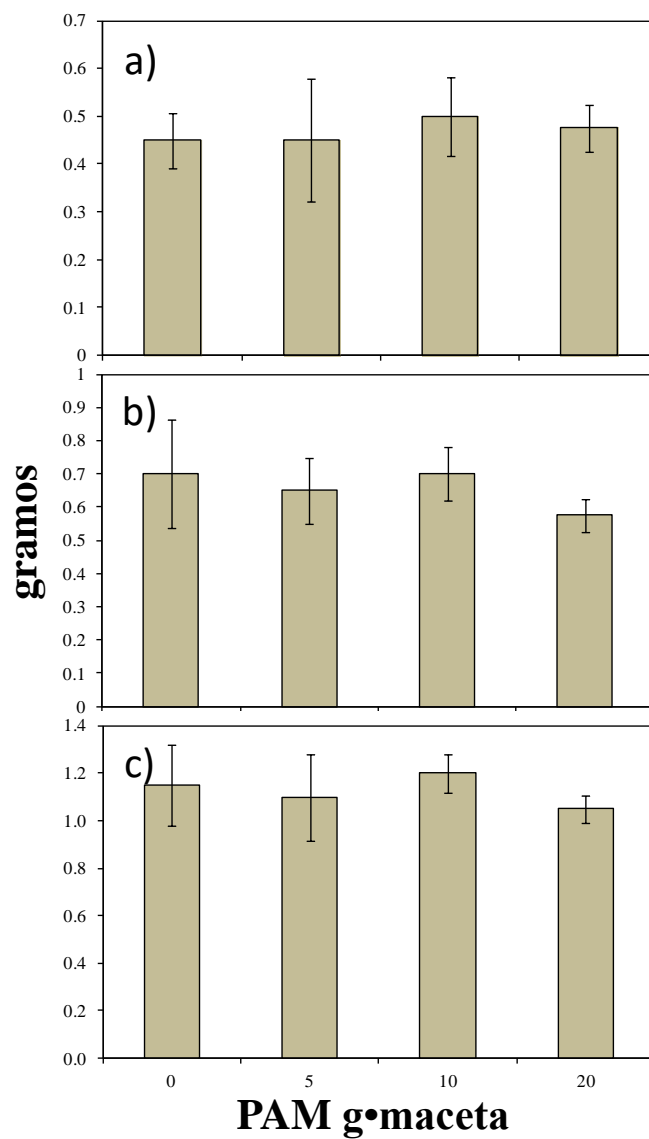


Figura 3. Peso seco de a) tallos, b) hojas y c) parte aérea de plántula de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) por el efecto de cuatro niveles de PAM. Las barras representan la desviación estándar de $n = 4$.
Área foliar y eficiencia en el uso del agua



Tabla 1. Efecto de la aplicación de PAM sobre el área foliar, agua aplicada y eficiencia en el uso del agua en plántulas de calabaza (*Cucurbita pepo* L.).

PAM (g maceta ⁻¹)	Área foliar (cm ² planta)	Agua aplicada (mL maceta)	EUA 10 ⁻³ (g mL) †
0	252.74 (±49,5)	583,7 (±21,7) a‡	1,970 (±0,173) a
5	242.60 (±44,6)	562,2 (±40,6) b	1,956 (±1,182) a
10	256.66 (±39,7)	522,2 (±13,8) c	2,297 (±0,081) b
20	284.69 (±20,7)	432,2 (±27,6) d	2,440 (±0,057) c
Significancia	NS	**	**

†: EUA: Eficiencia en el uso del agua.

‡: Medias en columnas con diferente letra denotan diferencias significativas.

NS: No significancia ($P > 0.05$); **: significancia ($P < 0.01$).

Referencias

- Arbona, V., Iglesias, D.J., Jacas, J., Primo-Millo, E., Talón, M., and Gómez-Cadenas, A. 2005. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant and Soil* 270: 73–82.
- Bjorneberg, D.L., Aase, J.K., and Westermann, D.T. 2000. Controlling sprinkler irrigation runoff, erosion, and phosphorus loss with straw and polyacrylamide. *American Society of Agricultural Engineers*. 43: 1545-1551.
- Chávez, C., Fuentes, C. Ventura R.E. 2010. Uso eficiente del agua de riego por gravedad utilizando yeso y poliacrilamida. *Terra Latinoamericana* 28(3): 231-238.
- Del Amor, F.M. and Gómez-López M.D. 2009. Agronomical response and water use efficiency of sweet pepper plants grown in different greenhouse substrates. *Hortscience*. 44(3): 810–814.
- Green, V.S. and Stott E.E. 1999. Polyacrylamide: a review of the use, effectiveness, and cost of a soil erosion control amendment. In: Stott D.E., Mohtar, R.H. and Steinhardt, G.C. (Eds), *Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29, 1999. Sustaining The Global Farm*. pp. 384-389.
- Hsiao, T.C. 2000. Leaf and root growth in relation to water status. *Hortscience* 35(6): 1051-1058. <http://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.6.1051>
- Huang, W., Ratkowsky, D.A., Hui, C., Wang, P., Su, J., and Shi, P. 2019. Leaf fresh weight versus dry weight: which is better for describing the scaling relationship between leaf biomass and leaf area for broad-leaved plants?. *Forest* 10(3): 256 <http://doi.org/10.3390/f10030256>
- INFOSIAP. 2018. Resumen Nacional Intención de Siembra. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SIAP. (Consultado en junio del 2021). <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intencion/Intenci%C3%B3n%20de%20siembraOI%202018porcultivo.pdf>.
- Lentz, R.D., Sojka, R.E. and Robbins, C.W. 1998. Reducing soil and nutrient losses from furrow irrigated fields with polymer applications. *Advances in GeoEcology* 31: 1233-1238.
- Lentz, R.D., Sojka, R.E., Robbins, C.W., Kincaid, D.C. and Westermann, D.T. 2001. Polyacrylamide for surface irrigation to increase nutrient-use efficiency and protect water quality. *Soil Science and Plant Analysis* 32(7): 1203-1220 <http://dx.doi.org/10.1081/CSS-100104109>



- Lentz, R. and Sojka R.E. 2009. Long-term polyacrylamide formulation effects on soil erosion, water infiltration, and yields of furrow-irrigated crops. *Agronomy Journal*. 101: 305-314. <http://doi:102314/agronj2008.0100x>
- PHRV2030. 2012. Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región hidrológica-administrativa, I península de Baja California. Comisión Nacional del Agua. (Consultado en julio del 2020). <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/1-sgp-17-12pbc.pdf>
- Silberbush, M., Adar, E. and de Malach, Y. 1993a. Use of a hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes II. Cabbage irrigated by sprinkling with different water salinities. *Agricultural Water Management*. 23:315-327.
- Silberbush, M., Adar, E. and de Malach, Y. 1993b. Use of a hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes I. Corn irrigated by trickling. *Agricultural Water Management*. 23: 303-313.
- SIAP. 2020. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción de Calabacita (Consultado en abril del 2016). http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350
- Sojka, R.E. and Lentz, R.D. 1997. Reducing furrow irrigation erosion with polyacrylamide (PAM). *J. Prod. Agric.* 10: 47-52.
- Sojka, R.E., Lentz, R.D., Ross, C.W., Trout, T.J., Bjorneberg, D.L. and Aase, J.K. 1998. Polyacrylamide effects on infiltration in irrigated agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*. 53: 325-331.
- Sojka, R.E. and Entry, J.A. 2000. Influence of polyacrylamide application to soil on movement of microorganisms in runoff water. *Environmental Pollution*. 108: 405-412.
- Sojka, R.E., D.L. Bjorneberg, J.A. Entry, R.D. Lentz, and W.J. Orts. 2007. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. *Adv. Agron.* 92:75–162.
- Tümsava, Z. and Kara, A. 2011. The effect of polyacrylamide (PAM) applications on infiltration, runoff and soil losses under simulated rainfall conditions. *African Journal of Biotechnology*. 10: 2894-2903.
- Wu, L., Ok, Y.S., Xu, X.L., Kuzyakov, Y. 2012. Effects of anionic polyacrylamide on maize growth: a short term ¹⁴C labeling study. *Plant Soil* 350: 311–322. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0911-y>

Cómo citar este artículo: Núñez-Ramírez, F., Robles-Contreras, F., Vázquez-Angulo, J. C., & Martínez-Varela, K.J. (2021). Eficiencia en el uso del agua y crecimiento en calabaza por el uso de poliacrilamida. *INVURNUS*, 16 (1), 1-9.

