



Efecto del polímero "lluvia sólida" y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo duro, Lambayeque

Effect of the polymer "solid rain" and irrigation frequencies in the performance of yellow hard corn, Lambayeque

LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO¹ y LUIS ARMANDO TOLEDO CASANOVA¹

RESUMEN

Los objetivos fueron: a) determinar la mejor respuesta del cultivo de Maíz Amarillo (Mega Híbrido), a cuatro dosis de Poliácrlato de potasio (40, 60, 80 y 100 Kg/ha.); y b) determinar el requerimiento hídrico del cultivo de maíz amarillo (Mega Híbrido), en función a distintas frecuencias de riego por gravedad. Mediante el uso del paquete estadístico SPSS Ver.22, se hicieron las pruebas de variancia y pruebas de medias Duncan para determinar el efecto de los tratamientos, resultando que entre las Frecuencias de Riego sí hay diferencia significativa entre ellas, es decir, que por lo menos una es diferente; que, al nivel de dosis del gel no hay diferencia significativa, es decir, que para cualquier dosis aplicada, los resultados en el rendimiento de maíz amarillo duro "Mega Híbrido", son bastantes parejos. La mejor respuesta resulta ser el Tratamiento T_2 (60 kg/ha), para la Frecuencia de Riego de 30 días. Los requerimiento hídrico máximos y mínimos, han sido de 6847, 30 y 2239, 00 m^3 /ha y el rendimientos de: 8824 y 12708 kg/ha para las frecuencias de riego: T_0 y T_4 , respectivamente. El agua utilizada ha sido de clase $S_4 - C_1$, con alto contenido de sales y bajo riesgo de sodio.

Palabras clave: polímero;lluvia sólida; frecuencia de riego; Perú.

¹Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4,0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

ABSTRACT

The objectives were: a) to determine the best response of the Yellow Corn (Mega Hybrid) crop to four doses of potassium polyacrylate (40, 60, 80 and 100 kg / ha); and b) determine the water requirement of the Yellow Corn (Mega Hybrid) crop, according to different gravity irrigation frequencies. Using the SPSS Ver.22 statistical package, variance tests and Duncan averages tests were performed to determine the effect of treatments, resulting in a significant difference between the Irrigation Frequencies among them, ie but one is different; that at the dose level of the gel there is no significant difference, ie, at any dose applied, the results in the performance of "Mega Hybrid" Hard Yellow Corn are quite even. The best answer turns out to be the T₂ Treatment (60 kg / ha), for the Irrigation Frequency of 30 days. The maximum and minimum water requirements were 6847, 30 and 2239, 00 m³ / ha and the yields were: 8824 and 12708 kg / ha for the irrigation frequencies: T₀ and T₄, respectively. The water used has been of class S4-Cr, with high salt content and low risk of sodium.

Keywords: polymer; solid rain; frequency of irrigation; Perú.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de los hidrogeles en cultivos agrícolas, se conoció por primera vez, por un estudio que llevó a cabo el Ingeniero Agrónomo Sergio Rico Velasco en México, quien a través del polímero se dio cuenta que si se le agregaba agua, este polvo era capaz de absorber hasta 200 veces su peso, el cual se convertía en gel y podría ser depositado al lado de la raíz de las plantas, proporcionándole el agua que necesita para su desarrollo, citado por Guzmán, S. y Gómez, J. (2017); de igual manera, López-Elías et al. (2015), ponen de manifiesto que desde hace más de 40 años se han realizado estudios sobre hidrogeles para mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo, aprovechar el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por percolación, disminuir la evaporación de la misma, reducir la lixiviación de nutrientes y mejorar la aireación y el drenaje del suelo; factores que permiten espaciar la frecuencia de los riegos, favorecen el desarrollo del sistema radicular, el crecimiento de la planta, mejorar la actividad biológica e incrementar la producción.

El clima árido de la costa norte del Perú, es ideal para ejecutar esta investigación, de allí que se escogió el sub sector de riego Mórrope, departamento de Lambayeque, donde los agricul-

tores disponen del recurso agua del reservorio de Tinajones cada 25 a 30 días. A partir de ello, se justifica el uso de diferentes dosis de Poliácrlato de potasio (40, 60, 80 y 100 kg/ha) y 4 frecuencias de riego (25, 30, 35 y 40 días), todo esto aplicado a través de ochenta (80) Unidades Experimentales. Se ha utilizado agua de un pozo o "noria" que el agricultor dueño había construido a un costado de su chacra y poder cumplir con la programación de los riegos, esta agua tiene una CE de 3, 87 dS/m que es de calidad salina, la misma que probablemente ha influido en disminuir la capacidad de hidratación del polímero. También se hizo uso de pequeños aforadores Parshall de 1" de garganta para determinar el caudal y estimar el tiempo de riego de cada unidad experimental, en función a la lámina de riego calculada según el perfil del suelo, los límites hídricos y respetando el cronograma de riego establecido para cada frecuencia de riego. Finalmente, se debe mencionar la activa participación de tres (3) agricultores que residían en el caserío "La Pampa", a quienes se les enseñó a manejar los aforadores y los tiempos de riego, así como fueron importantes al disponer de sus mochilas fumigadoras para el control de plagas y enfermedades, sólo de esta manera se han podido cumplir los objetivos planteados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación es aplicada, descriptiva, correlacional y de diseño experimental. La población de estudio ha sido aproximadamente 4 160 plantas de maíz amarillo duro (Mega Híbrido), distribuidos en 80 unidades experimentales (U.E.); como unidades de estudio se tuvo a las plantas (52) de cada U.E., ubicadas en las cercanías del Centro Poblado "La pampa" del distrito de Mórrope, Departamento de Lambayeque, perteneciendo el fundo a un pequeño agricultor del sub sector de riego "Mórrope", ubicado en las coordenadas: latitud 06° 31'32", longitud 79° 59' 22" y altitud 17 m.s.n.m.

La metodología consistió en preparar diversas dosis del polímero "lluvia sólida": 20, 40, 60, 80 y 100 Kg/ha, aplicadas a distintas frecuencias de riego: 25, 30, 35 y 45 días, en el cultivo de maíz amarillo duro, mega híbrido, tomando en cuenta no la costumbre de riego de los agricultores de esta zona, sino la disponibilidad de agua que les llega desde el reservorio Tinajones cada 25 a 30 días. El producto hidratado "lluvia sólida" fue ubicado en cada U.E. a la profundidad de 30 cm, a chorro corrido, en el centro del surco. Se utilizaron dos (2) tensiómetros

Efecto del polímero "lluvia sólida" y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo duro (Mega Híbrido), Lambayeque

de la marca Irrrometer, de 15 y 30 cm para el control de la humedad del suelo, el mismo que se hizo semanalmente aplicando el método gravimétrico. Para cumplir con la programación de los riegos (frecuencias), se utilizó agua de una "noria" que el dueño de la chacra tenía a un costado de su fundo. Esta agua según los resultados de laboratorio, es de calidad salina. El caudal de riego se controló utilizando pequeños aforadores Parshall, de 1" de garganta, colocados en cada U.E., según avance del riego, así mismo, esta información permitió calcular los tiempos de riego durante todo el período vegetativo del cultivo.

RESULTADOS

Límites hídricos del suelo y cálculo de la lámina de agua de riego

En base a la descripción de los horizontes formativos del suelo, se han determinado los límites hídricos por el métodos directo de campo y la Cifra Arany (Ka) (tabla 1), con los cuales se ha calculado la lámina de riego hasta la profundidad de 40 cm. que ha sido de 70, 1 mm.

Tabla 1. Límites hídricos del suelo obtenido mediante Cifra Arany (Ka)

Profundidad (cm)	C. C. (cm^3/cm^3)	P.M.P. (cm^3/cm^3)
00 – 23	33, 7	15, 6
23 – 58	30, 9	14, 1

Calidad del agua de riego

Para poder cumplir con la programación de los riegos, se ha utilizado agua de una "noria", cuya calidad de acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio de suelos y aguas de la FCA, se le ha podido clasificar según el Diagrama de Riverside, en agua de Clase C4 – S1, con una CE de 3, 87 dS/m, sin presencia de nitratos y con un valor de RAS de 0, 17.

Láminas y volúmenes de agua utilizados según frecuencias de riego

Las láminas promedios de agua que se han aplicado para cada frecuencia de riego, se indican en la tabla 2, donde se puede comprobar que en cada riego, sí se han satisfecho las demandas de humedecimiento del perfil del suelo hasta los 40 cm. de profundidad. En la tabla 3, se registran los resúmenes de los volúmenes de agua utilizados en cada frecuencia de riego; en las

tablas 4 y 5, se describen los cálculos realizados para hallar los volúmenes de agua empleados en cada riego para las frecuencias de riego de 25 y 40 días.

Tabla 2. Láminas promedio de riego por U.E. y por frecuencia de riego

Frecuencias de riego (días)	Láminas promedio de riego por U.E. (mm)
25	114, 12
30	132, 46
35	111, 95
40	74, 63

Tabla 3. Volúmenes de agua utilizados según frecuencia de riego

Frecuencias de riego (días)	Volumen de riego (m^3/ha)
25	6847, 30
30	6622, 80
35	4478, 00
40	2239, 00

Tabla 4. Cálculo de láminas de agua según frecuencia de riego de 25 días

Frecuencia de riego (días)	Orden de riego	Fecha de riego	Altura de promedio limnómetro "H"(cm)	Cálculo del caudal cuando hay sumergencia	Cálculo del caudal cuando no hay sumergencia	Tiempo promedio de riego (min)	Área de la U.E. (m^2)	Lámina agua calculada en función a los límites hídricos del suelo en (mm) y hasta los 40 cm profundidad	Lámina de agua aplicada en cada riego (mm) por U.E.	Lámina de Agua en (m^3/ha)
25	1* (RG)	09/05/16	75,00		$Q = 0,001362H^{1,551}/s$	15	16	70,1	61,9	619,00
	2	03/06/16	70,25		$Q = 0,001362H^{1,551}/s$	15	16	70,1	69,8	698,00
	3	28/06/16	157,15		$Q = 0,001362H^{1,551}/s$	14	16	70,1	181,13	1811,30
	4	23/07/16	108,70	$Q_i = Q - Q_{ci}$	$Q = 0,001362H^{1,551}/s$	14	16	70,1	102,38	1023,80
	5	17/08/16	152,20	$Q_i = Q - Q_{ci}$	$Q = 0,001362H^{1,551}/s$	13	16	70,1	158,40	11584,00
	6	11/09/16	157,00	$Q_i = Q - Q_{ci}$	$Q = 0,001362H^{1,551}/s$	13	16	70,1	111,12	1111,20
Total							de agua	aplicada		6847,30

Control de Humedad del perfil del suelo según frecuencias de riego

Efecto del polímero "lluvia sólida" y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo duro (Mega Híbrido), Lambayeque

Tabla 5. Cálculo de láminas de agua según frecuencia de riego de 40 días

Frecuencia de riego (días)	Orden de riego	Fecha de riego	Altura de promedio limnómetro "H"(cm)	Ecuación utilizada cuando hay sumergencia	Ecuación utilizada cuando no hay sumergencia	Tiempo promedio de riego (min)	Área de la U.E. (m^2)	Lámina agua calculada en función a los límites hídricos del suelo en (mm) y hasta los 40 cm profundidad	Lámina de agua aplicada en cada riego (mm) por U.E.	Lámina de Agua en (m^3/ha)
40	1* (RG)	09/05/16	75,00		$Q = 0,001362H^{1,55}l/s$	15	16	70,1	61,90	619,00
	2	18/06/16	92,20		$Q = 0,001362H^{1,55}l/s$	15	16	70,1	84,90	849,00
	3	28/07/16	76,40		$Q = 0,001362H^{1,55}l/s$	14	16	70,1	77,10	771,00
							Total	de agua aplicada		2239,00

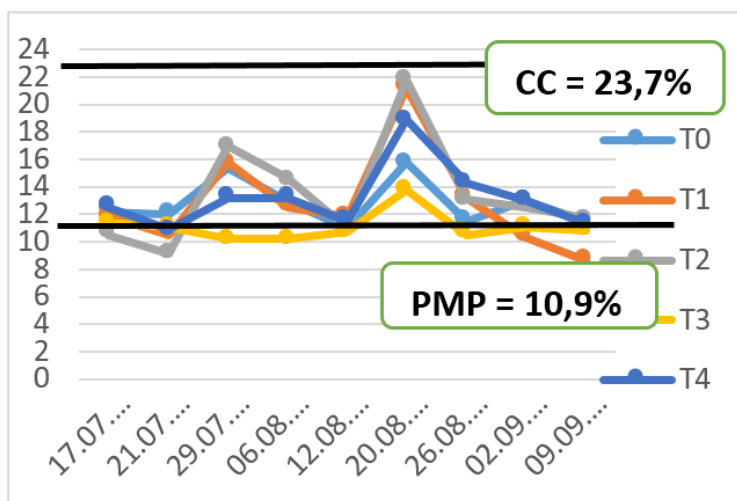


Figura 1. Variación de humedad en el perfil del suelo. Fr=25 días, Pr.=15cm

En cada frecuencia de riego y durante cierto tiempo, se han realizado controles de humedad gravimétrica como los que se muestran a través de las figuras 5 al 8.

Rendimiento de maíz amarillo duro según frecuencia de riego y tratamientos

La tabla 6, indica los rendimientos de Maíz Amarillo (Mega Híbrido), sobresaliendo la dosis del Poliacrilato de potasio de 60 kg/ha, para la frecuencia de riego de 35 días, con un rendimiento de 14,83 Tn/ha.

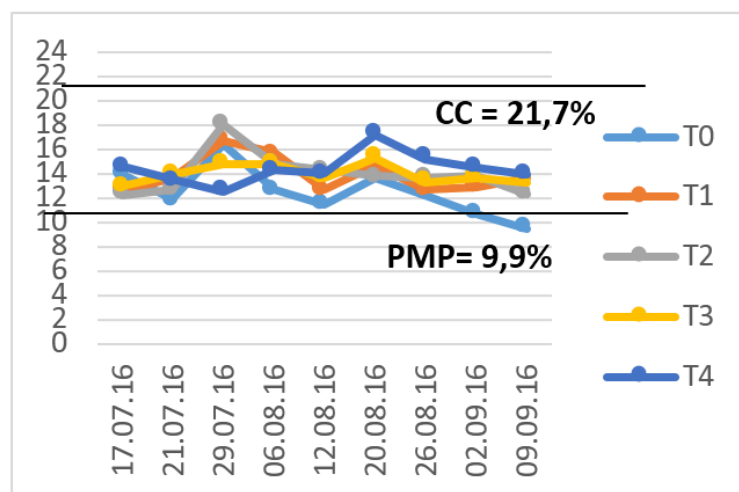


Figura 2. Variación de humedad en el perfil del suelo. Fr=25 días, Pr.=30 cm

Tabla 6. Rendimientos promedios de M.A. Mega Híbrido

Tratamientos	Rendimientos por frecuencia de riego (días)			
	25	30	35	40
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
T ₀	9154,70	10971,88	11995,00	14500,00
T ₁	9807,82	12414,38	14359,38	14126,25
T ₂	10021,88	12756,25	14830,00	15233,13
T ₃	10476,57	10940,57	13016,88	14793,75
T ₄	9958,13	12849,38	13569,38	15043,75

Análisis estadístico

Se ha utilizado el Software "Statistical Product and Service Solutions" (SPSS) para el Peso Total del Maíz en Kg, obtenido de los dos surcos centrales de cada Unidad Experimental (UE), así como para el peso de maíz de Primera y Tercera, que son las dos clasificaciones hechas en campo. La tabla 7, demuestra que al nivel de las frecuencias de riego sí hay diferencias significativas, es decir que al variar las frecuencias, estas influyen en el rendimiento del maíz amarillo "Mega Híbrido"; con respecto a las dosis del polímero, se acepta la hipótesis plan-

Efecto del polímero "lluvia sólida" y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo duro (Mega Híbrido), Lambayeque

teada, es decir, que para cualquier dosis, no habría diferencia significativa en el rendimiento del cultivo de maíz amarillo "Mega Híbrido"

Tabla 7. Pruebas de efectos inter-sujetos. Variable dependiente: peso total de maíz Amarillo (Kg) ($R^2 = 0,675$; R^2 ajustada = 0,366)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gr	Media cuadrática	F	Sig.
Freriego	94153	3	31384	11573	0,000
Dosis	7697	4	1924	0,710	0,595
freriego * dosis	10610	12	0,884	0,326	0,975
Error	54236	20	2712		
Total corregido	166696	39			

DISCUSIÓN

Calidad del agua de riego

El agua de riego se clasifica en la Clase C4 – S1 que representa un agua con alto contenido de sales y sin peligro de sodificación (RAS). Esta particularidad del agua de riego utilizada, especialmente por la presencia de los cationes cloruros, puede que se haya visto afectada en su capacidad de hidratación del Poliacrilato de Potasio "lluvia sólida", tal como lo ponen de manifiesto Valencia (2014), cuando concluye que el nitrato reduce más que el cloruro, siendo asistido de igual manera por López-Elías, et al. (2015), indicando este último que cuando el agua cuenta con presencia de sales, el polímero reduce la capacidad de absorción de agua, siendo menor la capacidad de hidratación a medida que incrementa el contenido de sales con una reducción en la absorción de agua en hasta 116 veces su peso", lo que permitiría inferir que en los tratamientos T_1 y T_2 , de las frecuencias de riego de 25 y 30 días, el Poliacrilato de Potasio en forma especial, no ha alcanzado su nivel de hidratación y ha influido en los bajos niveles de producción obtenidos, en comparación al promedio promocionado por el INIA (2010) que es de 14 Tn/ha.

Control de Humedad en el perfil del suelo según frecuencias de riego

La humedad del suelo en los 30 cm de profundidad del Tratamiento Testigo (T_0), ha llegado por debajo del PMP, generando estrés hídrico en la planta e incidiendo en su rendimiento (el más bajo); pero no sucede lo mismo con las otras frecuencias (T_1 , T_2 y T_3), cuya humedad ha estado ligeramente por encima del PMP, lo que corrobora la acción positiva de transferencia del agua almacenada en el gel "lluvia sólida" hacia la planta, para mantener buenos niveles de rendimiento, aun cuando esta agua tiene altos contenidos de sales.

Análisis para las frecuencias de riego

Se rechaza la hipótesis de igualdad de efectos de las frecuencias de riego en el rendimiento total en peso de MAD "Mega Híbrido", lo que evidencia que al menos una de las frecuencias de riego tiene un efecto diferente en el promedio de rendimiento del producto; este resultado difiere con el estudio hecho por Ochoa, S. (2014) quien concluye que a pesar que el polímero retiene agua, las frecuencias de riego no influyeron en el rendimiento del cultivo de trigo. Hernández, M. (2012), estudió el efecto del hidrogel "lluvia sólida" en distintos suelos, concluyendo que la mayor retención de humedad se da en el suelo arcilloso, que en el arenoso, y que al comparar con el suelo franco arcilloso del experimento y con el agua salina que se ha utilizado, se verifica el efecto positivo del gel superabsorbentes, especialmente en la frecuencia de 35 días.

Análisis para las dosis

Se aceptar la hipótesis de igualdad de efectos de las dosis; es decir, que no existe diferencia significativa entre las dosis de Poliacrilato de potasio "lluvia sólida" en el rendimiento del cultivo de MAD "Mega Híbrido"; sin embargo esta "aparente" igualdad de efecto de las dosis, quiere decir que el cultivo ha mantenido niveles de producción significativos, cosa que ayuda mucho al pequeño agricultor en situaciones de escasas o sequía de agua de riego.

CONCLUSIONES

La mejor respuesta del poliacrilato de potasio "lluvia sólida" es para la dosis de 60 Kg/ha y para la Frecuencia de Riego de 35 días, con un rendimiento promedio de 14830 Kg/ha de

Efecto del polímero "lluvia sólida" y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo duro (Mega Híbrido), Lambayeque

maíz amarillo duro "Mega Híbrido". El requerimiento hídrico del cultivo de maíz amarillo duro (MAD) Mega Híbrido, ha sido de: 6847, 30, 6622, 80, 4478, 00 y 2239, 00 m^3/ha , para las frecuencias de riego de 25, 30, 35 y 40 días, respectivamente; lo que demuestra que el poliacrilato de potasio "lluvia sólida" tiene efecto positivo como almacenador y transmisor de agua en el perfil del suelo hacia las plantas. Estadísticamente se presentan diferencias significativas entre las frecuencias de riego; es decir que el distanciamiento o incremento de las frecuencias de riego, sí tienen efecto en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, en función a las dosis aplicadas, estadísticamente no hay diferencias significativas, los rendimientos del MAD "Mega Híbrido" son muy parecidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Estación Experimental Vista Florida-INIA-MINAGRI. 2010. *Folleto Informativo. Híbrido Simple De Maíz Amarillo Duro*. Inia 619 Megahíbrido. Chiclayo. Lambayeque.
- Guzmán, F. y Gómez, H. 2017. *Viabilidad Técnica, social y financiera, en la utilización del hidrogel, en un cultivo de Uchuva (Physalis peruviana) del municipio de Buenavista-Boyacá-Colombia*. Tesis. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto Curricular de Administración Ambiental. Bogotá. Colombia.
- Hernández, R. 2012. *Efecto sinérgico de Algaensims y Poliacrilato de Potasio en las Variables Fisiológicas del Cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) y en la Retención de Humedad de Cuatro Sustratos Bajo Invernadero*. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ciencias del Suelo. Saltillo. Coahuila. México.
- López-Elías Jesús, Huez L. Marco Antonio, Jiménez L. José, Rueda P. Edgar Omar, Garza O. Sergio y Garrido L. Oscar Damián. 2015. *Uso de un polímero hidrófilo a base de poliacrilamida para mejorar la eficiencia en el uso del agua*. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Sonora, México. <URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n15p160>>
- Ochoa Cauticio Sara. 2014. *Efecto con diferentes dosis de polímero (Poliacrilato de potasio) en trigo para retención de agua en suelos arcillosos en el Valle del Yaqui*.

Luis Alberto Orbegoso Navarro y Luis Armando Toledo Casanova

Valencia Cabrera Sheila. 2014. *Efecto de la calidad del agua y de distintas sales en la capacidad hidrohinchable de una poliacrilamida comercial*. Tesis. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.

Fecha de recepción: 06/06/2019

Fecha de aceptación: 24/06/2019

Correspondencia

Luis Alberto Orbegoso Navarro
orbe5@hotmail.com