

USO DE POLIACRILAMIDAS Y EL RIEGO EN EL MANEJO HÍDRICO DE LECHUGAS (*Lactuca sativa* L.)

Juan Nissen M., y Karin San Martín R.

Universidad Austral de Chile, Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, casilla 567, Valdivia, Chile. E-Mail jnissen@uach.cl .

ABSTRACT

Use of polyacrylamides and irrigation on hydric management of lettuce (*Lactuca sativa* L.) .

Key words: Lettuce, hydrophilic gel, irrigation.

In San Ramón Farm, located 5 km south of Villarrica, Chile, a research was carried out between November 2002 and February 2003, with the purpose of studying the effect of different hydric treatments on lettuce production. A soil conditioner (hydrogel) was applied to: roots of seedlings at transplant time, to soil (prior to the transplant) and applied together to roots and soil, with bare root transplant as control. Irrigation and no irrigation was an additional factor, generating a total of eight treatments under study. Parameters measured were: percentage of established plants, plant diameter, number of leaves/plant, complete plant weight, leaves weight, root weight and days from transplant to harvest. All parameters were measured at harvest time. The experimental design was a complete block, with 3 random blocks with 8 treatments each. Results were subjected to Anova and Tukeys's multiple comparison test. The analysis of percentage of established plants showed no significant differences. Largest diameters were obtained with hydrogel applied only to soil and to roots and soil. For number of leaves, the largest values were obtained with gel applied to soil and to roots and soil. Irrigation, increased significantly the number of leaves. In regard to weight of complete plant, leaves and roots weights, a significant difference was found in favor of gel, as the largest weights were associated to the application of this product to soil and to roots-soil. For roots weight, a significant interaction was found, and gel applied to soil without irrigation (T7) produced

RESUMEN

En el predio San Ramón, ubicado a 5 km al sur de la ciudad de Villarrica, se desarrolló un ensayo, entre noviembre de 2002 y febrero de 2003, con la finalidad de estudiar el efecto de diferentes tratamientos hídricos sobre la producción de lechuga. Se utilizó un acondicionador de suelo (hidrogel), aplicado a la raíz de la plántula al momento del trasplante, al suelo previo al trasplante o a la raíz-suelo en forma conjunta, comparando estos tratamientos con trasplante a raíz desnuda. También se estudió el riego (con y sin riego), dando origen en total a ocho tratamientos. Los parámetros analizados fueron: porcentaje de plantas establecidas, diámetro de la planta, número de hojas/planta, peso de la planta completa, peso aéreo, peso radical y días desde el trasplante a la cosecha. Todas las mediciones se realizaron al momento de la cosecha. El diseño experimental fue un diseño de bloques completos al azar, con 3 bloques y con ocho tratamientos cada uno. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de Tukey, cuando correspondió.

No hubo diferencias en porcentaje de plantas establecidas. En el diámetro, los mayores valores se obtuvieron cuando se aplicó hidrogel al suelo y a la raíz-suelo. En número de hojas, la mayor cantidad de hojas se presentó cuando se aplicó hidrogel al suelo y a la raíz-suelo. Lo que marcó la diferencia fue el factor riego, ya que al utilizarlo se favoreció a la producción de hojas. En relación a los pesos promedio de las plantas, tanto aéreo, completo y radicular, se encontró diferencia significativa para el factor hidrogel; los mayores pesos se obtuvieron al aplicar este producto al suelo y a la raíz-suelo. Para el peso radicular se encontró diferencia significativa para la interacción, y el tratamiento hidrogel aplicado

the highest weight. By applying gel to soil and to soil and roots, average value of plant vegetative cycle were shorter than with bare root transplant. Irrigation also shortened average cycles. An economic evaluation showed that soil application of hydrogel, without irrigation (T3) produced the higher profit, with a net present value of \$ 18.489.426. The IRR's were all higher than the discount rate used, so investment is attractive irrespective of the project option used.

al suelo con riego (T7) originó el mayor peso. Con hidrogel aplicado al suelo y a la raíz-suelo, el ciclo vegetativo de la planta en promedio fue más corto que el testigo (trasplante a raíz desnuda). Además, con riego el ciclo vegetativo también en promedio fue más corto. Una evaluación económica indicó que el hidrogel aplicado al suelo, sin riego (T3) fue el más rentable, dando un Margen de rentabilidad de \$18.484.286. En relación con la TIR, todos los tratamientos fueron superiores a la tasa de interés utilizada, por lo tanto cualquiera sea el proyecto (tratamiento) que se elija, conviene realizar la inversión.

INTRODUCCION

Entre las hortalizas que actualmente tienen el mayor consumo se destaca la lechuga, que es muy sensible a déficit hídrico y a variaciones de temperatura, por lo cual existe un cierto riesgo en su producción. Sin embargo, la demanda de esta hortaliza sigue creciendo. Para satisfacer su demanda es necesario crear y aplicar nuevas técnicas que favorezcan su desarrollo, particularmente para un mejor abastecimiento de agua a las plantas, para lo cual se propone el uso de hidrogeles. El uso de hidrogel humectado como acondicionador de las raíces, combinado con una aplicación de este producto al suelo, más el uso de riego, mejoraría las condiciones generales de trasplante de esta hortaliza, evitando su deshidratación. Lo anterior se traduciría en un aumento del porcentaje de plantas establecidas y en un mejoramiento del rendimiento y de la calidad de las plantas comerciales. Stockhausen (1994), señala que el hidrogel puede ser aplicado directamente a las raíces, para protegerlas durante el trasplante, evitando de esta manera su deshidratación. Se recomienda sumergir las raíces desnudas en gel (4 -6 g/L de agua) antes de plantar, asegurando que se adhiera una máxima cantidad de hidrogel a la raíz. Una vez realizado el trasplante, los hidrogeles humectados aseguran una adecuada humedad a la planta. Según Universidad Autónoma de Chapingo (2001), esto se traduce en un aumento de rendimiento de las plantas y en una reducción de los costos de producción.

Wallace y Wallace (1986), obtuvieron buenos resultados en la producción de tomates, algodón y lechuga al acondicionar el suelo con hidrogel. Por otro lado Nissen (1994), señala que aplicando hidrogel en forma localizada junto a la raíz en frambuesos, los rendimientos de frutos pueden aumentar entre un 37 y 86%, el diámetro de los frutos puede ser incrementado entre un 0,7 y 3%, mientras que el peso de los frutos puede crecer entre un 3 y un 33%.

El presente estudio tiene como objetivo demostrar que, mediante la utilización de una o más técnicas de tratamiento hídrico en el trasplante de lechugas a raíz desnuda, es posible lograr una baja mortalidad de plantas durante el trasplante y que es posible aumentar el rendimiento comercial del producto final. Además, se compararán las alternativas de producción (tratamientos) mediante un estudio de costos y de rentabilidad.

MATERIAL Y METODO

El presente estudio se realizó entre noviembre de 2002 y marzo de 2003, en el predio «San Ramón», ubicado a 5 km al sur de Villarrica, en el camino Villarrica-Lican Ray, IX Región de Chile. Según Chile, Instituto de Recursos Naturales,(1964), los suelos del sector corresponden a la serie Cunco. Es un suelo derivado de cenizas volcánicas, de textura franco limo arcilloso, medianamente profundo y prácticamente plano (1-2% de pendiente). La

Cuadro 1. Precipitaciones producidas durante el período del estudio (mm).**Table 1.** Rainfall during the study period (mm).

Día	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
2	-	-	5.5	-
14	-	-	5.1	16.2
16	-	9.0	-	-
18	49.7	27.1	2.3	-
19	16.7	-	-	23.6
20	-	9.8	-	-
21		12.2		
23	6.2	-	-	-
25	14.1	-	-	-
26	15.9	-	-	-
27	-	15.5	-	-
30	-	14.1	-	-
Total	102.6	87.7	12.9	39.8

profundidad de este suelo varía entre los 50 y 90 cm y descansa sobre gravas aluviales antiguas (Tosso, 1985) y su Capacidad de Uso es mayoritariamente Clase IV. El suelo del estudio presenta las siguientes características de fertilidad: pH al agua (1:2,5) 5,6 ; % materia orgánica 24,2 ; N mineral 24,2 ppm N-NO₃; fósforo aprovechable 4,6 ppm (Olsen); potasio intercambiable 121 ppm ; suma de bases intercambiables 4,15 meq/100 g s.s. ; aluminio intercambiable 0,33 meq/100 g s.s. y saturación de aluminio 7,4% (Fuente: Laboratorio de Análisis, Instituto Ingeniería Agraria y Suelos, Universidad Austral de Chile, 2003). En el sector de Villarrica, las precipitaciones oscilan entre 2000-2500 mm anuales, con alrededor de 4 meses de sequía. En el Cuadro 1 se presentan las lluvias diarias ocurridas en el lugar del estudio.

Para el estudio se utilizó la especie hortícola *Lactuca sativa* L. var. *crispa* L., que corresponde a las lechugas de cabeza, cultivar Great Lakes. La lechuga es una especie hortícola relativamente sensible al proceso de trasplante (Giacconi, 1990), por cuya característica fue elegida para el presente estudio, además de ser exigente en cuanto a sus requerimientos hídricos. En el

ensayo se utilizaron tres sistemas de manejo de humedad del suelo (con uso de hidrogeles, con riego y bajo seco). Como hidrogel se utilizó Stockosorb 400 F (granulometría <1 mm) y Stockosorb 410 K (de granulometría mayor, 1-3 mm). Se utilizó un sistema de riego por goteo con cinta, utilizando un estanque de agua de 200 L. El estanque se ubicó a 4 m sobre el nivel del ensayo. Se utilizaron cintas de riego marca T-Tape, con goteros cada 20 cm. Como control se utilizó la condición de seco, que recibió sólo el aporte de las precipitaciones. Las máquinas y herramientas utilizadas en el ensayo fueron: tractor agrícola, arado de discos, rastrillo manual, estacas, malla para enrejar, taquímetro, huincha, balanza de precisión, tijera y pié de metro.

La siembra del almácigo se efectuó el día 15 de noviembre del año 2002. Se sembraron 5 g de semilla en 5 m². La preparación de suelo del estudio se realizó en noviembre de 2002, con una pasada de arado y dos pasadas de rastra. La aplicación de fertilizantes fue localizada, a una profundidad de 8-10 cm. El cultivo se fertilizó con una mezcla única de 120 unidades/ha de N como salitre sódico, 180 unidades/ha de P₂O₅, como superfosfato triple, 40 unidades/ha de K₂O, como salitre potásico y 3000 kg de cal/ha,

aplicado como carbonato de calcio Soprocal. Se comenzó fertilizando el terreno con la totalidad del fósforo, potasio y del carbonato de calcio. El fertilizante nitrogenado, se parcializó en un tercio al momento del trasplante y dos tercios en el momento de la formación de roseta basal. Todos los tratamientos recibieron la misma dosis de fertilizante, distribuyéndolo en la forma más homogénea posible. En los tratamientos que llevaron hidrogel aplicado a la raíz, se utilizó Stockosorb 400 F, producto de granulación muy fina. Este se aplicó mediante una solución de hidrogel con concentración de 5 g/L a las raíces desnudas de la planta. Las raíces de las plántulas recién cosechadas se sumergieron durante 10 segundos en esta solución, para luego ser plantadas. En cuanto a los tratamientos con hidrogel aplicado al suelo, se utilizó Stockosorb 410 K, de granulación gruesa. Este se aplicó en hilera, a una profundidad de suelo de 8-10 cm, a razón de 50 g/metro lineal, bajo la planta y antes del trasplante. El gel se aplicó al suelo junto con los fertilizantes.

La plantación se realizó en forma manual el día 14 de diciembre de 2002, cuando las plántulas del almácigo alcanzaron una altura de 8-10 cm. Luego se efectuó un riego inicial corto en todas las parcelas, con el fin de evitar la deshidratación de las plántulas. Las malezas se controlaron manualmente, durante todo el período de ensayo. Al testigo (T1) no se le aplicó riego en ninguna forma (sólo humedecimiento del suelo, después de realizado el trasplante), de tal manera que las plantas sobrevivieron basándose en el aporte natural de agua de lluvia. En los tratamientos con riego, éste fue aplicado con una frecuencia de 4 días mediante riego por goteo. La superficie mojada/hilera (0.2 m ancho x 10 espacios mojados de 0.2 m sobre hilera) fue de 0.4 m² y la superficie mojada/parcela 1.6 m². La tasa de riego a aplicar correspondió a 20 mm (5mm/día x 4 días), por lo tanto el volumen de agua que se aplicó fue de 32 L/parcela, (8 L/hilera), y en todo el ensayo (4 parcelas regadas y 3 bloques) 384 litros. Cada hilera tenía 10 plantas, por lo tanto cada planta recibió 0,8 L cada 4 días. Para la zona y época se estimó una evapotranspiración promedio de 5 mm/día. El tiempo de riego se calculó sobre la base que la cinta a utilizar entrega 4 L/h y que para entregar 0.8 litros por planta se

demora 12 minutos. Para disponer de información pluviométrica, se instaló un pluviómetro artesanal en el lugar del ensayo. Por cada 5 mm de precipitación producida, el riego se atrasaba en un día.

El ensayo con parcelas tuvo un diseño de bloques completos al azar, con 3 bloques y 8 tratamientos. Los tratamientos surgen de la interacción de los factores riego y uso de hidrogel. El factor riego presenta los niveles: con y sin uso del riego. El factor hidrogel presenta cuatro niveles que son: trasplante a raíz desnuda, aplicación de hidrogel a la raíz, aplicación de hidrogel al suelo y aplicación de hidrogel a la raíz y al suelo en forma conjunta. Por lo tanto, los tratamientos fueron los siguientes: Tratamiento 1 (T1) Trasplante a raíz desnuda tradicional en secano (testigo).

Tratamiento 2 (T2) Trasplante con hidrogel humectado en las raíces, en secano.

Tratamiento 3 (T3) Trasplante con hidrogel aplicado al suelo, en secano.

Tratamiento 4 (T4) Trasplante con gel humectado aplicado a raíces y al suelo, en secano

Tratamiento 5 (T5) Trasplante a raíz desnuda tradicional, con riego.

Tratamiento 6 (T6) Trasplante con hidrogel humectado en las raíces, con riego.

Tratamiento 7 (T7) Trasplante con hidrogel aplicado al suelo, con riego.

Tratamiento 8 (T8) Trasplante con gel humectado aplicado a raíces y al suelo con riego.

Las dimensiones de cada parcela fueron de 2.0 m x 1.20 m (2.4 m²), con 40 plantas dispuestas a lo largo de 4 hileras, separadas 0.2 m sobre hilera y 0.3 m entre hilera. La distancia entre cada bloque correspondió a 1 m, lo cual se consideró adecuado para transitar sin problemas.. Las parcelas fueron asignadas al azar y entre ellas se dejó un espacio de 0.3 m. Las mediciones se realizaron descartando las plantas de las dos hileras laterales, para eliminar el posible efecto de bordes. Los parámetros evaluados al momento de la cosecha fueron: a) Establecimiento de plantas, expresados en porcentaje. b) Diámetro de la planta., medido individualmente con un pie de metro, en centímetros. c) Número de hojas, contabilizando el número de hojas que poseía la cabeza de cada lechuga. d) Peso de la planta completa. Se determinó el peso de la materia

verde de la planta completa, cortándola con un cuchillo en la base del cuello y eliminando las hojas secas; en gramos; e) Peso de la materia verde de la parte aérea de la planta. Una vez pesada la planta completa, con un cuchillo se cortó el sistema radicular y se pesó la parte aérea, en gramos; f) Peso de raíces de la planta. Luego de realizada la medición correspondiente al punto anterior, se determinó el peso de la materia verde del sistema radicular de la planta, en gramos. En el presente estudio no fue posible medir la materia seca de las plantas; g) Días transcurridos desde el trasplante a la cosecha, utilizando como criterio cosechando cuando el 50% de las plantas por parcela estaba en su momento óptimo.

Los resultados se evaluaron mediante Análisis de Varianza para un diseño experimental factorial en tres bloques completos aleatorizados (Little y Jackson, 1990). Además, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, para determinar probables diferencias significativas entre tratamientos, cuando correspondió, con un nivel de probabilidad del 5%. Para el análisis estadístico de las variables se utilizó el programa Statgraphics Plus, versión 2.0.

Además de lo anterior, se realizó un análisis de rentabilidad para los diferentes tratamientos. Para este análisis, se consideraron todos los costos e inversiones necesarias para cultivar una hectárea de lechugas (por razones de extensión, no se incluyen las tablas de costos, ingresos y flujos de caja). Se calcularon los índices de rentabilidad (VAN y TIR) para cada uno de los tratamientos. Para este análisis, se consideró un período de 5 años, por cuanto un hidrogel tiene

esta vida útil aplicado al suelo. Además, se consideró un crédito otorgado por una institución bancaria a una tasa de interés real del 8% anual. Para el cálculo de los ingresos por tratamientos, fue necesario establecer categorías de calidad de plantas. Las categorías fueron: Excelente, muy buena, buena, regular y mala, otorgando un precio real de venta de 150, 120, 100, 80 y 50 pesos (\$), respectivamente, según diámetro y peso aéreo de la planta de lechuga. Los rangos en relación al diámetro fueron de >20, 18-20, 16-18, 14-16 y <14 cm. En cuanto al peso aéreo los rangos fueron de >150, 130-150, 110-130, 90-110 y <90 gramos. Mediante estos rangos se determinó el precio de venta; cuando el diámetro y peso de la planta no se ajustaban a una sola categoría, se calculó un promedio de los precios de venta. Para todas las plantas producidas, se aplicó un porcentaje de pérdida (ej. por falta de venta), de un 20%. Una vez obtenidos todos los ítems mencionados, se procedió a realizar los flujos de caja. Con los flujos de caja se determinaron el VAN y TIR, que establece qué tan rentable es el proyecto y hasta que tasa de interés se puede llevar a cabo el proyecto, respectivamente (Sapag y Sapag, 2000).

PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los parámetros evaluados.

Porcentaje de plantas establecidas al momento de la cosecha. En el Cuadro 2 se

Cuadro 2. Porcentaje de plantas establecidas, al momento de la cosecha.

Table 2. Percentage of plants established, at harvest time.

HIDROGEL	RIEGO		Promedio hidrogel	
	Con riego	Sin riego		
Raíz desnuda	80.8 a	76.7 a	78.8	A
Hidrogel a la raíz	83.3 a	65.0 a	74.2	A
Hidrogel al suelo	66.7 a	75.0 a	70.8	A
Hidrogel raíz y suelo	75.0 a	71.7 a	73.3	A
Promedio factor riego	76.5 A	72.1 A		

Nota: Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

Cuadro 3. Diámetro promedio de las plantas de lechuga al momento de cosecha (cm).

Table 3. Average diameter of lettuce plants at harvest time (cm).

HIDROGEL	RIEGO		Promedio hidrogel
	Con riego	Sin riego	
Raíz desnuda	13.7 a	13.9 a	13.8 B
Hidrogel a la raíz	14.7 a	15.9 a	15.3 B
Hidrogel al suelo	19.1 a	16.8 a	17.9 A
Hidrogel raíz y suelo	18.0 a	17.1 a	17.5 A
Promedio factor riego	16.4 A	15.9 A	

Nota: Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

observa que tanto el factor riego como el factor hidrogel no presentaron diferencias significativas en relación a este parámetro.

La aplicación de hidrogel al suelo junto a la lluvia inicial ocasionaron levantamiento del suelo. Esto se debió a que las altas precipitaciones iniciales hicieron que el hidrogel aumentara su volumen en poco tiempo y subiera a la superficie a la altura del cuello de las plantas, ocasionándoles descalce. Por lo tanto, los resultados obtenidos para este parámetro se contraponen con lo expresado por diversos autores como Henderson y Hensley (1986), quienes sostienen que al usar hidrogeles, aumenta notoriamente el porcentaje de plantas establecidas, lo que también es confirmado por Wallace (1986). Por otro lado, Chemtall, Inc. (1995) señala que el aplicar hidrogel en forma correcta al suelo, tanto el porcentaje de germinación como el crecimiento temprano se ven ampliamente mejorados. La interacción, no

fue significativa. El factor riego y el factor hidrogel en forma independiente tampoco tuvieron efectos significativos.

Diámetro de la planta de lechuga al momento de la cosecha. En el Cuadro 3 se observa que el diámetro promedio más alto de la planta se logró al aplicar hidrogel al suelo y al aplicar este producto a la raíz y al suelo en forma conjunta, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos, con diámetros promedio de 17.9 y 17.5 cm, respectivamente.

Se puede observar que los diámetros promedios más bajos de la planta se obtienen al realizar trasplante a raíz desnuda y al aplicar hidrogel a la raíz, con diámetros promedio de 13.8 y 15.3 cm, respectivamente ($P > 0,05$). Sin embargo, existió diferencia con las demás formas de aplicación de gel mencionadas anteriormente. El análisis indica además que no existió una interacción significativa entre riego e hidrogel. Al realizar trasplante a raíz desnuda se le

Cuadro 4. Número promedio de hojas de la planta de lechuga al momento de cosecha.

Table 4. Average number of lettuce plant leaves at harvest time.

HIDROGEL	RIEGO		Promedio hidrogel
	Con riego	Sin riego	
Raíz desnuda	19.3 a	14.2 a	16.7 B
Hidrogel a la raíz	19.2 a	14.6 a	16.9 B
Hidrogel al suelo	25.4 a	21.9 a	23.7 A
Hidrogel raíz y suelo	24.8 a	21.8 a	23.3 A
Promedio factor riego	22.2 A	18.1 B	

Nota: Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

Cuadro 5. Peso promedio de la planta completa (g).**Table 5.** Average weight of complete plant (g).

HIDROGEL	RIEGO		Promedio hidrogel
	Con riego	Sin riego	
Raíz desnuda	53.9 a	58.1 a	56.0 B
Hidrogel a la raíz	57.1 a	59.6 a	58.4 B
Hidrogel al suelo	157.1 a	135.7 a	146.4 A
Hidrogel raíz y suelo	150.5 a	125.6 a	138.1 A
Promedio factor riego	104.7 A	94.8 A	

Nota: Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

ocasiona un daño a las raíces, principalmente cuando las plántulas son extraídas de los almácigos. Este daño provoca un retardo en el establecimiento y por ende una baja en el diámetro de la planta. Los mayores diámetros se obtuvieron al aplicar hidrogel a la raíz y al suelo en forma conjunta y con la aplicación de este producto al suelo.

Número de hojas de la planta de lechuga, al momento de la cosecha.

El análisis estadístico indica que el uso de hidrogel y la aplicación de riego en forma independiente presentan efectos significativos en este parámetro, mientras que la interacción no fue significativa.

En el Cuadro 4 se aprecia que el factor riego tuvo efectos significativos para el número de hojas de las plantas. Con riego, se obtuvo un número promedio de 22 hojas, versus 18 hojas al no aplicar riego. Lo anterior se puede explicar por el hecho que el agua favorece la absorción de nutrientes, especialmente de los móviles como el nitrógeno, responsables de la producción de biomasa.

En el mismo cuadro, se observa que el hidrogel aplicado al suelo, y a la raíz y al suelo en forma conjunta, dio un valor promedio de 23 hojas. Entre estas dos formas de aplicación de hidrogel no existe diferencia estadística significativa, pero sí se observa diferencia estadística significativa para las demás formas de aplicación del hidrogel. Los promedios más bajos de hojas se obtuvieron con el trasplante a raíz desnuda y con la aplicación de gel en la zona radicular, obteniendo con ambas técnicas un número promedio de 16 hojas.

Peso fresco de la planta completa. El análisis estadístico mostró que la interacción entre los factores riego e hidrogel fue significativa, lo cual no permite discutir qué tratamiento es mejor para lograr un mayor peso en la planta de lechuga. El factor riego no tuvo efecto significativo, mientras que usando hidrogel en forma independiente sí existieron diferencias altamente significativas.

En este cuadro se observa que con la aplicación de hidrogel al suelo se logra un peso significativamente mayor de la planta (146 g), al que se logra al aplicar hidrogel a la raíz y realizar el trasplante a raíz desnuda (56 g). También se observa que al aplicar hidrogel a la raíz y al suelo en forma conjunta se obtuvo un peso promedio de 138 g, valor que no es estadísticamente diferente al logrado al aplicar hidrogel al suelo; sin embargo, los pesos promedios fueron bastante superiores a los logrados al realizar el trasplante a raíz desnuda y al aplicar hidrogel a la raíz.

Los mayores pesos son atribuibles al uso de hidrogel al suelo y a la raíz-suelo. Lo anterior contrasta con los resultados obtenidos al evaluar el peso de la planta de *Nothofagus oblicua* (MIRB.) Oerst., donde no se observó diferencias para este parámetro al comparar tratamientos con y sin hidrogel (Nissen y Ovando, 1999). Por su parte, Nissen y Hoffmann (1998), concluyen que en la producción de frutilla, los mayores rendimientos se obtuvieron con hidrogel aplicado al suelo y con riego. En general, los pesos de plantas obtenidos en el presente estudio fueron bajos, lo que se atribuye a que el lugar del ensayo presentó mucha sombra, factor que

Cuadro 6. Peso promedio de la parte aérea de la planta (g).

Table 6. Average weight of aereal part of plant (g).

HIDROGEL	RIEGO		Promedio hidrogel
	Con riego	Sin riego	
Raíz desnuda	49.9 a	54.9 a	52.4 B
Hidrogel a la raíz	52.6 a	56.6 a	54.6 B
Hidrogel al suelo	143.0 a	131.7 a	137.3 A
Hidrogel raíz y suelo	141.0 a	120.1 a	130.6 A
Promedio factor riego	96.6 A	90.8 A	

Nota: Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

afectó a todos los tratamientos por igual.

Peso fresco de la parte aérea de la planta de lechuga. El análisis estadístico indica que para el peso de la parte aérea de la planta, la interacción entre los dos factores en estudio no fue significativa. En lo que se refiere a los factores en forma independiente, el factor riego no tuvo un efecto significativo, no sucediendo lo mismo con el hidrogel, que sí presentó un efecto significativo (ver Cuadro 6).

En este cuadro se observa que el peso promedio de la parte aérea de la planta, obtenido con hidrogel aplicado al suelo, fue superior al obtenido con el trasplante a raíz desnuda. Los pesos promedios correspondieron a 137.3 y 52.4 g, respectivamente, con una diferencia entre ellos de 84.9 g. Al aplicar hidrogel a la raíz y al suelo en forma conjunta, se logró un peso aéreo de 130.6 g, valor estadísticamente similar al de aplicar hidrogel al suelo, pero superior al

tratamiento trasplante a raíz desnuda e hidrogel a la zona radical. En el Cuadro 6 se aprecia que, en general, al aplicar hidrogel en distintas formas, los pesos promedios de la parte aérea de la planta son superiores a los obtenidos con trasplante a raíz desnuda. Estos resultados son similares a los logrados al evaluar el peso de planta completa, siguiendo la misma tendencia. Se puede concluir que el gel produjo mejores pesos de plantas, por la mayor disponibilidad de agua y de nutrientes a lo largo de su desarrollo y que es menos eficaz realizar el trasplante a raíz desnuda.

Peso fresco de las raíces de la planta de lechuga. Los efectos sobre este parámetro se presentan en el Cuadro 7. En cuanto a la aplicación de hidrogel, se observa que el mayor peso promedio de raíces se obtuvo al aplicarlo al suelo y a la raíz-suelo, sin diferencias significativas entre sí. Estas dos formas de

Cuadro 7. Peso promedio de las raíces de la planta de lechuga (g).

Table 7. Average root weight of lettuce plants (g).

HIDROGEL	RIEGO		Promedio hidrogel
	Con riego	Sin riego	
Raíz desnuda	4.1 c	3.2 c	3.6 B
Hidrogel a la raíz	4.6 c	3.0 c	3.8 B
Hidrogel al suelo	14.1 a	4.0 c	9.0 A
Hidrogel raíz y suelo	9.5 b	5.7 b c	7.6 A
Promedio factor riego	8.1 A	4.0 B	

Nota: Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativas al 5 (Tukey).

Cuadro 8. Días transcurridos desde fecha de trasplante hasta el momento de cosecha.

Table 8. Days between transplant and harvest.

HIDROGEL	RIEGO		Prom. hidrogel
	Con riego	Sin riego	
Raíz desnuda	92 a	101 a	97 B
Hidrogel a la raíz	92 a	101 a	97 B
Hidrogel al suelo	91 a	92 a	92 A
Hidrogel raíz y suelo	89 a	92 a	90 A
Promedio factor riego	91 A	97 B	

Nota: Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5 % (Tukey).

aplicación de hidrogel produjeron un mayor peso promedio de raíces versus al aplicarlo a la raíz y al realizar el trasplante a raíz desnuda, no existiendo entre estas dos últimas diferencia significativa. Aplicando hidrogel al suelo o, conjuntamente, a la raíz y al suelo, se obtuvo un peso promedio de raíces de 9 y 7.5 g, respectivamente. Estos valores son superiores al trasplante a raíz desnuda y a la aplicación de hidrogel a la raíz (3.6 y 3.8 g, respectivamente). El análisis de varianza indicó que la interacción fue significativa.

Para el caso del factor riego y factor hidrogel en forma independiente, el análisis muestra que hubo diferencias significativas, es decir, que en forma independiente produjeron un efecto sobre el peso promedio de las raíces.

Al analizar los pesos de la planta, tanto aéreo, completo y pesos radicales, se continuó observando que la forma de aplicación de hidrogel hace variar los resultados y queda bastante claro que realizar el trasplante a raíz desnuda no es adecuado para obtener un buen rendimiento de este cultivo. Se encontró que la aplicación de hidrogel a la raíz no da buenos resultados; esto concuerda con estudios ya mencionados anteriormente, pero se debe tener claro que este producto debe ser aplicado con mucha precaución, considerando la consistencia del gel, para tener buenos resultados (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001). Del Cuadro 7 también se puede observar que con riego se logró un mayor peso radical, (8,1 g), que fue estadísticamente superior al peso

promedio de raíces que se obtuvo sin riego (4,0 g) . Al observar las raíces luego de la cosecha, se notó claramente que los tratamientos a base de hidrogel y riego presentaron un mayor desarrollo, tanto en grosor como en longitud, a diferencia de las raíces de las plantas con tratamientos sin riego y más aún, sin hidrogel. Como se indicó, el hidrogel es el responsable de una mayor estimulación radical, proporcionando la humedad necesaria para arrastrar los nutrientes hacia la raíz de la planta, lo que se manifiesta mejor con riego. Según Chemtall Inc. (1995), al incorporar hidrogel se mejora la retención de agua, existe un mayor suministro de agua y de nutrientes a las raíces y planta. En el Cuadro 7, se observa que el mayor peso promedio de raíces se obtuvo con la aplicación de hidrogel al suelo con riego (T7), con un peso promedio de 14 g. Los tratamientos T8 (hidrogel a la raíz y suelo y riego) y T4 (hidrogel a la raíz y al suelo sin riego), arrojaron resultados más bajos, pero superiores al resto de los tratamientos, con pesos promedios de raíces de 9.5 y 5.7 g, respectivamente. Los pesos más bajos fueron los obtenidos con los tratamientos T1 (trasplante a raíz desnuda, sin riego) y T2 (hidrogel a la raíz, sin riego), con 3.2 y 3.0 g, respectivamente.

Al analizar peso completo y aéreo de la planta, no se encontraron diferencias significativas en relación a la interacción, pero los Cuadros 5 y 6, muestran que los tratamientos con riego y aplicación de hidrogel al suelo y a la raíz-suelo son los que mostraron los mayores pesos promedios. No sucede lo mismo al aplicar

hidrogel a la raíz, con y sin riego (tratamientos T6 y T2), que fue similar a realizar el trasplante a raíz desnuda.

Días transcurridos desde el trasplante a cosecha. Es importante conocer si los factores en estudio influenciaron el desarrollo vegetativo de la planta. El análisis estadístico mostró que la interacción no fue significativa. En lo que se refiere a los factores en forma independiente, el factor riego y el factor hidrogel sí presentaron efectos significativos.

El Cuadro 8, indica que el uso de riego en el cultivo de lechuga produjo una diferencia significativa sobre la alternativa de no utilizar riego; con riego el período desde el trasplante hasta la cosecha fue en promedio 91 días. Al no utilizar riego el período fue 97 días. En relación con el hidrogel, el período desde trasplante hasta la cosecha fue menor cuando este producto se aplicó al suelo y a la raíz-suelo, no existiendo entre éstas opciones diferencias significativas (92 y 90 días, respectivamente). El período más largo del cultivo se obtuvo cuando se aplicó hidrogel a la raíz y trasplante a raíz desnuda, que en promedio fue de 97 días para ambos. Estos resultados se asemejan a los discutidos por Gehring y Lewis (1980) y Taylor y Halfrace (1986), quienes observaron un aumento en el crecimiento en altura y una floración más temprana con hidrogel aplicado al suelo.

Análisis de rentabilidad para cada tratamiento. En el Cuadro 9 se presentan el VAN y TIR, obtenidos mediante el flujo de caja correspondiente a una hectárea de cada

tratamiento.

En este cuadro se observa que el VAN para todos los tratamientos es positivo. Este índice relaciona la diferencia de los ingresos y egresos del proyecto, expresados en moneda actual. Por lo tanto, está indicando que todos los tratamientos al ser positivos sus VAN, son rentables. El proyecto más rentable correspondió al tratamiento sin riego y con hidrogel aplicado al suelo (T3), con una rentabilidad de \$18.489.426 sobre la inversión. Lo mismo ocurrió con el tratamiento con riego e hidrogel aplicado al suelo y a las raíces (T8), donde la rentabilidad es un poco más baja (\$15.619.066), ya que la inversión es más alta. Esto último se debe a que el riego por goteo sube la inversión y los costos también aumentan.

Los proyectos (tratamientos) con más baja rentabilidad fueron, por una parte, el trasplante a raíz desnuda con riego (T5), que arrojó una rentabilidad de sólo \$ 8.517.720, debido a que los ingresos fueron bajos, producto del tipo de plantas y su precio de venta. Las plantas presentaron un bajo peso aéreo y diámetro y tuvieron un alto costo por riego por goteo, lo que sube la inversión, dando como resultado una rentabilidad menor. Por otra parte, el trasplante a raíz desnuda, sin riego (T1), originó una rentabilidad de \$10.002.799, superior a la obtenida con el tratamiento T5 (trasplante a raíz desnuda, con riego). Lo anterior se explica, ya que para producir lechugas en estas condiciones la inversión es baja, pero los ingresos también son bajos, por lo que se obtiene una rentabilidad

Cuadro 9. VAN (\$) y TIR (%) para cada tratamiento.

Table 9. Economic study: Net present value (\$) and IRR (%) for each treatment.

Tratamientos	VAN	TIR %
Raíz desnuda, sin riego (T1)	\$10.002.799	91
Hidrogel a la raíz, sin riego (T2)	\$11.450.815	103
Hidrogel al suelo, sin riego (T3)	\$18.484.286	47
Hidrogel raíz-suelo, sin riego (T4)	\$13.257.848	37
Raíz desnuda, con riego (T5)	\$ 8.517.720	46
Hidrogel a la raíz, con riego (T6)	\$14.355.037	71
Hidrogel al suelo, con riego (T7)	\$15.143.934	35
Hidrogel raíz-suelo, con riego (T8)	\$15.619.066	36

no tan alta como la entregada por el resto de los tratamientos que utilizaron hidrogel. Es importante mencionar, que los flujos de caja y los respectivos VAN son entregados para las condiciones planteadas, para cada tratamiento y considerando una tasa de descuento del 8% anual. Según lo señalado por Sapag y Sapag (2000), la tasa interna de retorno (TIR) indica la tasa de descuento que el proyecto podría soportar, por lo tanto, son todos los beneficios netos actualizados iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. La TIR en todos los tratamientos fue superior a la tasa de interés de captación utilizada (8%), lo que indica que los proyectos son rentables.

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados obtenidos en terreno y tomando en cuenta las condiciones bajo las cuales se trabajó, permite concluir lo siguiente:

-La sobrevivencia de plantas no se vio influenciada por los tratamientos en estudio.

-Existen diferencias entre las distintas formas de aplicación de hidrogel en relación con los siguientes parámetros: diámetro de planta, número de hojas, peso de la planta completa, peso de la parte aérea y peso radicular. En todos estos parámetros, el hidrogel produjo resultados significativamente mayores cuando se aplicó al suelo y en forma conjunta a la raíz-suelo. Cuando se realizó trasplante a raíz desnuda y se aplicó el gel sólo a la raíz, los resultados fueron menores.

-En promedio, el ciclo vegetativo de la planta de lechuga fue más corto cuando se utilizó riego y cuando se aplicó hidrogel a la raíz-suelo y al suelo, acortando este período en relación con el testigo (plantación a raíz desnuda).

-En relación con el número de hojas y el peso de las raíces de la planta, los resultados fueron mayores cuando se aplicó riego. Para el resto de los parámetros no se encontró diferencia significativa para el factor riego.

-El tratamiento más rentable, según el análisis de rentabilidad, fue el tratamiento T3 (gel aplicado al suelo, sin riego), seguido por los tratamientos T8 (gel aplicado a la raíz-suelo, con riego) y tratamiento T7 (gel aplicado al suelo,

con riego). Los proyectos menos rentables fueron el tratamiento T5 (trasplante a raíz desnuda, con riego) y tratamiento T1 (trasplante a raíz desnuda, sin riego).

-La TIR en todos los tratamientos fue superior a la tasa de interés de captación utilizada (8%), lo que indica que los proyectos son rentables.

BIBLIOGRAFIA.

- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES, (IREN). 1964. Suelos. Inst. de Invest. de Recursos Naturales, CORFO. Santiago, Chile. 390 p.
- CHEMTALL, INC. 1995. Polímeros acondicionadores del suelo. Boletín Informativo. Riceboro Georgia. USA. 32 p.
- GEHRING, J.; LEWIS, D. 1980. Effect of hidrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105:511-513 .
- GIACONI, M. 1990. Cultivo de hortalizas. 7ª ed. Santiago, Chile. Universitaria. 308 p.
- HENDERSON, J.; HENSLEY, D. 1986. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. Hort. Sci. 21(4): 991-992.
- LITTLE, T.; JACKSON, F. 1990. Métodos estadísticos para investigación en agricultura. California. U.S.A. Trillas. 270 p.
- NISSEN, J. 1994. Uso de hidrogeles en la producción de frambuesas (*Rubus ideaus* L.) del Sur de Chile. Agro Sur (Chile) 22(2): 160 - 164.
- NISSEN, J.; HOFFMANN, J. 1997. Evaluación de cuatro sistemas de manejo hídrico sobre la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa* D.). Agro Sur 26(2):1-11.
- NISSEN, J.; OVANDO, C. 1999. Efecto de un hidrogel humectado aplicado a las raíces de *Nothofagus obliqua* (MIRB) Oerst. y *Nothofagus dombeyi* (MIRB) Oerst. durante su trasplante. Agro Sur (Chile) 27(2):48-58.
- SAPAG, N. ; SAPAG, R. 2000. Preparación y evaluación de proyectos. Mc Graw Hill. Universidad de Chile. Facultad Ciencias Económicas y Administrativas. 408 p.
- STOCKHAUSEN. 1994. Rentabilizar las reservas de agua con Stockosorb. Folleto técnico. Chemische Fabrik Stockhausen GmbH. Stockhausen, Alemania. 6p.
- _____. 1996. Stockosorb: Effect of Stockosorb on survival and establishment of *P. patula* seedlings. Chemische Fabrik Stockhausen GmbH. Stockhausen Alemania . 6p.
- TAYLOR, K.; HALFRACE, R. 1986. The effect of

- hydrophilic polymer on medium water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. Hort.Sci. 21:1159-1161.
- TOSSO, J. 1985. Suelos volcánicos de Chile. INIA. Santa Rosa. 2ª ed. Santiago, Chile. 723 p.
- UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO. 2001. Efectividad biológica del producto Acua-Gel sobre el rendimiento de materia seca de tomate (*Lycopersi- cum escolentum*). (On Line) <<http://www.hidrogel.com.mx/>> (20 agosto 2003).
- WALLACE, A. 1986. Effects of polymers in solution culture on growth and mineral composition of tomatoes. Soil Science 141 (5): 395 – 396.
- WALLACE, A.; WALLACE, G. 1986. Effects of soil conditioners on emergence and growth of Tomato, Cotton and Lettuce seedlings. Science 141(5): 313 - 316.