

EVALUACIÓN DE ESTRÉS HÍDRICO EN PLANTAS DE FRESA A RAÍZ DESNUDA *

EVALUATION OF WATER STRESS ON BARE-ROOT STRAWBERRY PLANTS

César Gutiérrez Vaca^{1§}, Ryszard Serwatowski Hlawinska¹, José Manuel Cabrera Sixto¹, Álvaro Flores García¹ y Noé Saldaña Robles¹

¹Departamento de Ingeniería Agrícola. Universidad de Guanajuato. *Campus* Irapuato-Salamanca. Ex-Hacienda "El Copal". Carretera Irapuato-Silao, km 9. Irapuato, Guanajuato, México. C. P. 36820. Tel. 52 462 6245215. (ryszard@dulcinea.ugto.mx), (jmcabrera@quijote.ugto.mx), (alvaflo@dulcinea.ugto.mx), (saldanar@dulcinea.ugto.mx). [§]Autor para correspondencia: cesarg@dulcinea.ugto.mx.

RESUMEN

En el estudio realizado se determinó el tiempo disponible antes de aplicar riego vía goteo, después de plantar fresa a raíz desnuda en suelo acolchado con humedad a punto de marchitamiento permanente, sin poner en riesgo de muerte a la planta. Con el propósito de diseñar una trasplantadora para plantas a raíz desnuda que opere sobre suelos secos acolchados. Se analizaron 4 tratamientos de riego; se regó una hora antes del trasplante, al momento del trasplante, 1 y 2 horas después del trasplante. El experimento se llevó a cabo en noviembre de 2007 en la comunidad "El Copal", municipio de Irapuato, Guanajuato, México; donde la altura sobre el nivel del mar es de 1 720 m; el suelo de la región es de textura arcillo-limoso cuya humedad de punto de marchitamiento permanente es alrededor de 18%. El plástico utilizado fue de color blanco al exterior, negro al interior con 30 μ m de espesor. Se determinó que es viable aplicar el riego al momento de realizar el trasplante y hasta dos horas después sin exponer la integridad de la planta, con 95% de certidumbre. Se concluye que es posible realizar el trasplante mecanizado de plantas de fresa a raíz desnuda sobre suelo acolchado seco al ambiente, lo que permitirá que la trasplantadora en cuestión pueda operar.

Palabras clave: diseño, maquinaria agrícola, trasplantadora.

ABSTRACT

This study determined the time available before irrigating, after planting bare-root strawberry plants in soil cushioned with moisture before rotting permanently, without risking the plant's life. This, in order to design a grafting device for bare-root plants that runs on dry cushioned soils. Four irrigation treatments were analyzed; one was applied an hour before transplanting, another when transplanting, and 1 and 2 hours afterwards. The experiment was carried out in November 2007 in the town of "El Copal", in the municipality of Irapuato, Guanajuato, Mexico; the location's height is 1 720 masl; the soil is silty clay loam and the rotting point humidity is around 18%. The plastic used was white on the outside, black on the inside and 30 μ m thick. Irrigation was determined viable during transplanting and up to two hours later without endangering the plant, with a certainty of 95%. The conclusion was that it is possible to mechanically transplant bare-root strawberry plants on dry cushioned soil, which will allow the device to operate.

Key words: agricultural machinery, design, transplant.

This study is part of a project to design a bare-root strawberry plant-transplanting device for cushioned soils. This was carried out in the Department of Agricultural Engineering

* Recibido: diciembre de 2009
Aceptado: agosto de 2010

La investigación desarrollada forma parte del proyecto de diseño de una trasplantadora de plantas de fresa a raíz desnuda para suelos acolchados, ésta se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Guanajuato (U de G). En México son cada vez más los cultivos que se orientan a ser desarrollados en suelos acolchados, donde el nivel de producción se aumenta, debido a la mayor y mejor distribución de la cantidad de calor, y mejor control de malezas (Ham *et al.*, 1993; Lamont, 2001).

En el cultivo de la fresa esta práctica se ha desarrollado rápidamente pues se ha demostrado que en las condiciones óptimas, el cultivo puede multiplicar varias veces su producción (López, 2003a). Si bien ese acelerado desarrollo ha detonado el área agronómica del cultivo, la parte de mecanización no se ha atendido en igual medida, a tal grado que a excepción del laboreo primario el resto de las operaciones del cultivo se realizan de forma manual.

Existe en la parte de mecanización del cultivo, un segmento donde se pueden reducir los costos, aunque por un lado la mayor producción se debe al uso de acolchado, con sus correspondientes costos y se haría más atractivo el desarrollo de este cultivo, que hasta hace algunos años fue el de mayor desarrollo en el municipio de Irapuato.

Las dos operaciones manuales que representan un gran porcentaje del costo de producción son: la recolección y trasplante. La primera, de difícil solución debido a su cosecha escalonada, que obliga a una colecta manual para el mercado en fresco a donde se dirigen dos terceras partes de la producción (Sanz, 2002); aunque se continúan los esfuerzos para desarrollar variedades que permitan la recolección de un solo corte (Faedi *et al.*, 2002; López, 2003b). La segunda labor, menos compleja desde el punto de vista mecánico no ha tenido solución, esto debido a la forma vegetativa de propagación en vivero y su posterior trasplante a raíz desnuda en el terreno de asiento.

El objetivo de la investigación buscó demostrar la viabilidad técnica de realizar el trasplante mecanizado sobre suelo acolchado con humedad a punto de marchitamiento permanente (PMP), situación en la cual la máquina diseñada podría operar sin atascos de los mecanismos que se generan al realizar el trasplante mecanizado en suelos del tipo arcilloso, comunes en la región de El Bajío con humedades por arriba del punto de marchitamiento permanente.

of the University of Guanajuato (U de G). In Mexico there are an increasing number of crops destined to be grown on cushioned soils, where production levels increase, due to a greater and better distribution of heat, as well as better weed control (Ham *et al.*, 1993; Lamont, 2001).

This practice has spread rapidly in strawberry planting, since it has been proven that in optimum conditions, the crop can multiply its production several times (López, 2003a). However, this accelerated growth has detonated the agricultural area of the crop; its mechanization has not had the same attention, up to the point in which, except the primary work, the rest of the operations of the crop are carried out manually.

In the mechanized plantation, there is a segment in which costs can be reduced, yet on the other hand, most of the production is due to the use of cushions, with its respective costs. Hence the farming of this crop, which until recently was the crop with the largest growth in the municipality of Irapuato, could become more attractive.

The manual operations that account for a large percentage of the production costs are gathering and transplanting. The former is difficult to solve due to its harvest in steps, which forces gathering to be done by hand, for the fresh market, to which two-thirds of the production go (Sanz, 2002); yet efforts continue to grow varieties that allow one-cut collection (Faedi *et al.*, 2002; López, 2003b). The second task, less complex from a mechanical viewpoint, has seen no solution, due to the vegetative form of greenhouse reproduction and its later transplant with bare roots into the soil.

The aim of this investigation was to prove the technical viability of mechanized transplant at the point of permanent rotting (PMP), where the machine designed could function without problems in the mechanisms for the transplant in clay soils, common in the area of El Bajío, with humidity above the PMP.

This process contemplates irrigation after transplant, which exposes the bare-root plants to water stress, with the possible consequence of the plant's death. This is why it is necessary to determine the maximum amount of time of water tolerance, without jeopardizing its life. A timeframe of two hours was considered the maximum required for irrigation from a practical viewpoint.

Dicho procedimiento contempla la aplicación de riego después del trasplante, lo que somete a las plantas a raíz desnuda a estrés hídrico, cuya consecuencia puede causar la mortalidad de la misma. Por ello es necesario determinar el tiempo máximo que la planta soporta la falta de agua, sin poner en riesgo la muerte de ésta. Se consideró el lapso de tiempo de dos horas como máximo requerido para realizar el riego desde el punto de vista práctico.

Se realizó un experimento de bloques al azar con tres repeticiones donde se evaluarán cuatro tratamientos de riego; se regó una hora antes del trasplante (-1 h), al momento del trasplante (0 h), una y dos horas después del trasplante (1 h y 2 h), con el propósito de determinar el tiempo necesario que la planta soportará el estrés hídrico a la que será sometida después del trasplante.

La parcela se instaló en la División Ciencias de la Vida, en la comunidad “El Copal”, municipio de Irapuato, Guanajuato, México. Está ubicado a una altitud de 1 720 m; el suelo es de textura arcillo-limosa y al momento del trasplante se encontraba con humedad a punto de marchitamiento permanente (PMP) alrededor de 18%.

Se formaron los caballones con el suelo disgregado, a continuación se colocó la cintilla de riego y se acolchó el suelo, todo ello de forma manual. El plástico utilizado fue de calibre 110, cuyo grosor promedio es de 30 μm de color blanco al exterior y negro al interior, que pertenece a la categoría de refrescante (Ayala *et al.*, 2008).

En el extremo de cada caballón, se colocó una válvula divisora de flujo que permite el riego de forma independiente a cada uno de ellos (Figura 1). Las plantas utilizadas fueron del tipo: primer ciclo frigo-conservadas de variedad camarosa, aportadas por el Consejo Nacional de la Fresa (CONAFRE), con origen en los viveros californianos de EE. UU.

El día seis de noviembre fueron retiradas de almacén a las 7:30 am y el trasplante comenzó dos horas después, siguiendo el orden de los tratamientos arriba mencionados. El responsable de campo se encargó de suministrar los riegos según previo programa (lámina promedio de 10 mm cada tercer día), así como de aplicar los herbicidas, fungicidas y fertilizantes necesarios vía riego por goteo.

La configuración de los tratamientos se muestra en la Figura 2, en la cual cada caballón representa los tratamientos de riego, los bloques son las tres evaluaciones realizadas a una,

A randomized block design experiment was carried out, with three repetitions, in which four irrigation treatments were evaluated; plants were irrigated an hour before transplant (-1 h), during transplant (0 h), and one and two hours afterwards (1 h and 2 h), in order to determine the time the plant would tolerate water stress it would undergo after transplant.

The plot was installed in the Division of Life Science, in the town of “El Copal”, municipality of Irapuato, Guanajuato, Mexico. It is located at 1 720 masl; the soil is silty clay, and at the time of transplant, moisture was at the point of permanent rotting (PMP), or around 18%.

The ridges were formed with broken up soil. Then, the irrigation band was placed and the soil was cushioned, all by hand. The plastic used was 110 gage; it was around 30 μm thick, white on the outside and black inside, thus belonging to the category of “refreshing” (Ayala *et al.*, 2008).

On the end of each ridge, a valve was placed to independently divide the flow to each one of them (Figure 1). The plants used were: first cycle, frozen, of a Camarosa variety, provided by the National Strawberry Institute (CONAFRE), from greenhouses in California, USA.



Figura 1. Parcela de evaluación.
Figure 1. Evaluation plot.

On November 6, they were removed from the warehouse at 7:30 am and transplant began two hours later, following the order of the treatments mentioned above. The person in charge of the field irrigated according to the program (a 10 mm sheet, on average, every third day), as well as irrigating with the necessary herbicides, fungicides and fertilizers.

dos y cuatro semanas después del trasplante. La variable respuesta es el número de plantas vivas obtenidas en cada evaluación. El universo de plantas por tratamiento fue de 222, colocadas a tresbolillo con 30 cm de separación.

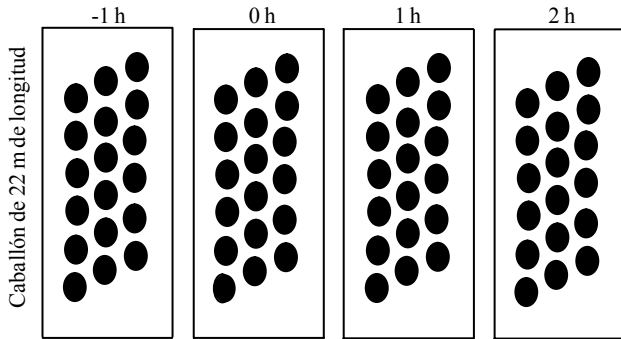


Figura 2. Tratamientos de riego.
Figure 2. Irrigation treatments.

Los resultados del estudio se muestran en el Cuadro 1. Al observar los valores es difícil hacer una inferencia acerca de los resultados; sin embargo, el tratamiento de menor mortalidad fue con riego una hora antes del trasplante.

Cuadro 1. Resumen de plantas vivas del estudio.
Table 1. Summary of live plants in the study.

Bloques	Tratamiento			
	-1 h	0 h	1 h	2 h
1 ^{ra} . evaluación (13 nov.)	214	206	214	210
2 ^{da} . evaluación (20 nov.)	214	212	212	210
3 ^{ra} . evaluación (04 de dic.)	208	194	200	194

La Figura 3 se muestra el nuevo brote de una planta después de una semana de realizado el trasplante, nótese que los tallos y hojas se marchitan mientras que la nueva planta emerge de la corona, sitio donde se gesta. La evaluación de plantas vivas fue contabilizar aquellas como en la Figura 3, cabe mencionar que no todas emergen al mismo tiempo, por lo que al momento de realizar la evaluación es posible que se omita alguna que aún está en proceso de germinar.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza mediante el programa computacional Statgraphics 4.1. A través de este análisis se confirma la hipótesis que no existe diferencia significativa entre tratamientos con 95% de confianza (Cuadro 2).

The configuration of treatments is shown in Figure 2, in which each ridge represents irrigation treatments; the blocks are the three evaluations one, two and four weeks after the transplant. The outcome variable is the number of live plants obtained from each evaluation. The universe of plants per treatment were 222, placed in a zigzag, with a separation of 30 cm.

The results of the study are shown in Table 1. By observing the values it is difficult to infer on the results; however, the treatment that showed the lowest mortality was irrigation one hour before transplant.

Figure 3 shows the new sprout of a plant one week after transplant, notice that the stems and leaves wilt, while the new plant emerges out of the crown, where it gestates. The evaluation of live plants consisted in counting those in the same conditions as the one in Figure 3. It is worth mentioning that not all emerge simultaneously, therefore, when evaluating, some that are still germinating may be omitted.

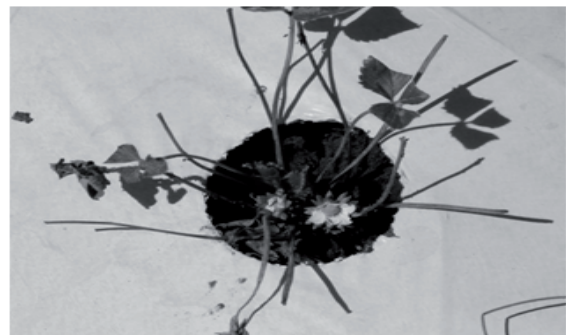


Figura 3. Rebrote después de una semana de trasplante.
Figure 3. Plant sprout one week after transplanting.

The data obtained were used in a variance analysis using the Statgraphics 4.1 computer program. This analysis helped confirm the hypothesis that there is no significant difference between treatments with 95% reliability (Table 2).

Table 3 shows a multiple rank analysis and prove, with a certainty of 99%, that the 4 treatments form a homogenous group. Notice that the Median LS column, which shows the mortality rate, shows less live plants for the irrigation treatment carried out during transplant. In Table 1, the 0 h treatment shows 206 live plants in the first evaluation, and 212 in the second one, the reason of which is assumed to be a data recording error, since the evaluator thought some plants to be dead, although they emerged in a satisfactory way during week second.

Cuadro 2. Análisis de varianza para plantas vivas, suma de cuadrados tipo III*.**Table 2. Variance analysis for live plants, least squares type III*.**

Fuente	Suma de cuadrados	DF	Media de cuadrados	Relación de F	Valor de P
A: tratamiento	125.333	3	41.7778	4.27	0.0618
B: bloque	418.667	2	209.333	21.41	0.0019
Residual	58.6667	6	9.77778		
Total (corregido)	602.667	11			

Todas las relaciones de F están basadas sobre el error residual de media de cuadrados; *= los bloques representan las tres mediciones realizadas a lo largo del experimento.

En el Cuadro 3 se muestra un análisis de rango múltiple y se comprueba al 99% de certidumbre que los 4 tratamientos forman un grupo homogéneo. Obsérvese que la columna Media LS, que muestra el índice de mortalidad, ubica al tratamiento de riego realizado al momento del trasplante con menos plantas vivas. En el Cuadro 1 el tratamiento de 0 h muestra 206 plantas vivas en la primera evaluación, y en la segunda 212, la razón se asume a un error de toma de datos, ya que el evaluador dio por muertas algunas plantas que en la segunda semana emergieron de forma satisfactoria.

Para evitar posibles errores que surjan con este valor, se sometió nuevamente a análisis estadístico prescindiendo de la primera evaluación. Los resultados se muestran en el Cuadro 4, se refuerza la hipótesis de que no existe diferencia significativa entre tratamientos con 95% de confianza.

Cuadro 4. Análisis de varianza para plantas vivas, suma de cuadrados tipo III.**Table 4. Variance analysis for live plants, least squares type III.**

Fuente	Suma de cuadrados	DF	Media de cuadrados	Relación de F	Valor de P
A: tratamiento	98	3	32.6667	2.33	0.2523
B: bloque	338	1	338	24.14	0.0161
Residual	42	3	14		
Total (corregido)	478	7			

Todas las relaciones de F están basadas sobre el error residual de media de cuadrados.

En el Cuadro 5 se muestra la homogeneidad del grupo, sólo que ahora el cuadrado de medias coloca al tratamiento de riego de dos horas después del trasplante como el tratamiento con mayor índice de mortalidad, lo cual concuerda con la lógica de orden seguido con los tratamientos de riego.

Se determinó que no existe diferencia significativa al 95% de certidumbre entre regar una hora antes del trasplante y hasta dos horas después, por lo que el tiempo disponible para

Cuadro 3. Análisis de rango múltiple para plantas vivas por tratamiento, con el método LSD 99%.**Table 3. Multiple rank analyses for live plants by treatment, with the LSD method 99%.**

Tratamiento	Cuenta	Media LS	Grupo homogéneo
0 h	3	204	X
2 h	3	204.667	X
1 h	3	208.667	X
-1 h	3	212	X

To avoid errors arising with this value, it was placed under statistical analysis once more, doing away with the first evaluation. The results are shown in Table 4; this strengthens the hypothesis that there is no significant difference between treatments with 95% reliability.

Table 5 shows the homogeneity of the group, but now the least squares places irrigation two hours after transplant as the treatment with the largest mortality rate, which agrees with the logic of the order followed by the irrigation treatments.

It was determined that there is no significant difference at 95% certainty between irrigating an hour before transplant and up to two hours afterwards, therefore the time

Cuadro 5. Análisis de rango múltiple para plantas vivas por tratamiento, con el método LSD 99%.

Table 5. Multiple rank analyses for live plants by treatment, with the LSD method 99%.

Tratamiento	Cuenta	Media LS	Grupo homogéneo
2 h	2	202	X
0 h	2	203	X
1 h	2	206	X
-1 h	2	211	X

realizar el trasplante mecanizado en suelo a punto de marchitamiento permanente comienza al momento de colocar la planta en el terreno de asiento y hasta dos horas después, sin poner en riesgo la muerte de la planta. Esto permite que la trasplantadora en fase de diseño pueda trasplantar sin problemas de atascamientos en suelo seco al ambiente, sin exponer las plantas de fresa a estrés hídrico que ponga en riesgo su integridad.

LITERATURA CITADA

Ayala, T. F.; Zatarain, L. D. M.; Valenzuela, L. M.; Partida, R. L.; Velásquez, A. T. J.; Díaz, V. T. y Osuna, S. J. A. 2008. Cantidad y calidad de la radiación transmitida por malla sombra de colores sobre tomate cultivado en invernadero. *In: X Congreso Iberoamericano de Plásticos en la Agricultura*. López, G. J.; Castellón, H.; Goñi, G.; Zapata, N. F. y Bran, S. R. (Coords). Memorias. Saltillo, Coahuila, México. 120-127 pp.

available for performing the mechanized transplant in soils at the point of permanent rotting begins when placing the plant in the soil and up to two hours later, without taking the risk of the plant dying. This allows the transplanting device, in its design phase, to transplant without getting stuck in dry soils, and without the strawberry plants undergoing water stress which may jeopardize their integrity.

End of the English version



- Faedi, W.; Mourgues, F. and Rosati, C. 2002. Strawberry breeding and varieties: situation and perspectives. *Acta Hort.* 1(567):51-59.
- Ham, J. M.; Kluitenberg, G. J. and Lamont, W. J. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 118:188-193.
- Lamont, W. J. 2001. Vegetable production using plasticulture. Department of Agriculture. The Pennsylvania State University. USA. 95 p.
- López, A. J. M. 2003a. Situación actual y perspectiva del cultivo de la fresa a escala internacional. II Curso internacional del cultivo de la fresa. Memorias. Huelva, España. 315 p.
- López, A. J. M. 2003b. Multiplicación industrial *in vitro*. II Curso internacional del cultivo de la fresa. Memorias. Huelva, España. 422 p.
- Sanz, A. 2002. España, segundo productor de fresa en el mundo. *Vida Rural.* 9(144):33-34.