

CRECIMIENTO DE PLANTAS DE PAPA CV. ATLANTIC DURANTE EL PERIODO INVERNAL, ACOLCHADAS CON RASTROJO

J. S. Barrales-Domínguez¹; G. Alejo-Santiago

Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. México (¹Autor responsable).

RESUMEN

Durante el invierno 1993-94 se evaluó en campo el efecto del acolchado con paja de frijol, relacionado a los daños por heladas en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Atlantic, poniendo un testigo sin acolchar (T1), acolchado a partir de la emergencia (T2) y acolchado a los 30 días de edad de las plantas (T3). El objetivo fue conocer las ventajas del acolchado de residuo vegetal para reducir los efectos de helada al disminuir la tasa de pérdida de energía del suelo. Se encontró un efecto favorable al crecimiento de las plantas al poner el acolchado en la emergencia relacionado con una mayor conservación de humedad edáfica, pero también mayores efectos de heladas por tener mayor superficie foliar expuesta a este fenómeno. En rendimiento, se encontró que fue mayor cuando el acolchado se hizo a los 30 días de edad de la planta (251.82 g-planta⁻¹), respecto al testigo (233.53 g-planta⁻¹) y al acolchado a la emergencia (158.04 g-planta⁻¹) asociado con un mayor contenido de agua respecto al testigo, pero también por tener una menor área foliar expuesta al frío que cuando se acolcha desde la emergencia, lo que permitió tener menores daños por helada.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Solanum tuberosum* L., helada, área foliar, bajas temperaturas.

GROWTH OF POTATO PLANTS cv. ATLANTIC DURING THE WINTER, HARVEST RESIDUE MULCH

SUMMARY

During the winter of 1993-1994, a field evaluation of the effect of bean straw mulch, in terms of frost damage in potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Atlantic, was conducted to determine the advantages of mulching with plant residues to reduce the effects of frosts by reducing loss of energy from the soil. Treatments comprised a control without mulch (T1), mulching at emergence (T2), and mulching 30-day-old plants (T3). It was found that mulching had a favorable effect on plant growth when mulching was done at emergence. This was related to a better conservation of soil moisture, but also frosts had a greater effect since there was a larger leaf area exposed to freezing temperatures. It was found that yield was higher when mulching was done when the plant was 30 days old (251.82 g-plant⁻¹), relative to the control (233.53 g-plant⁻¹) and mulching at emergence (158.04 g-plant⁻¹). This was associated with a higher water content in these plants than in the control plants, but also because a smaller leaf area was exposed to the cold than when mulching was done at emergence; thus, there was less frost damage.

Additional key words: *Solanum tuberosum* L., frost, leaf area, low temperatures.

INTRODUCCIÓN

En regiones con disponibilidad de agua es importante buscar alternativas de producción de alimentos durante la estación de heladas, explotando características genéticas de las plantas, o modificando el ambiente de producción. La estación de crecimiento en las áreas agrícolas de México, es desde algunos días hasta todo el año (Barrales, 2000), donde se explotan especies vegetales adaptadas por su ciclo biológico a cada una de ellas. Fuera de la estación de crecimiento, hay efectos sobre los cultivos por frío o helada, variantes que se conocen como daños por temperatura baja (Jones, 1992).

La papa se cultiva principalmente en clima templado, donde se evita exponerla a temperaturas bajas que afecten su producción, por lo que para evitar esos daños se buscan cultivares tolerantes a frío o cultivarla cuando el ambiente es menos adverso. En México se trabaja poco en daños por frío, al grado de que entre las principales enfermedades bióticas y abióticas que afectan a la papa, no se mencionan aquellas atribuibles a temperaturas bajas (Muñoz, 1995). En otros países como Perú se hace mejoramiento genético para obtener tolerancia a heladas (CIP, 1987), para aumentar el rendimiento de papa en la zona andina. La selección por tolerancia a heladas, la hacen al someter

durante dos horas, a plántulas de genotipos andinos y no andinos a temperaturas de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ó $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente (CIP, 1988), seleccionando después por rendimiento a las plántulas sobrevivientes. Las plantas con resistencia a heladas muestran tuberización temprana y rápido crecimiento de tubérculos (CIP, 1988).

En México, el cv. Atlántic se identifica como precoz, requiriendo de 182 grados día de desarrollo (GDD) al inicio de tuberización y 841 GDD para todo el ciclo, comparado con el cv. Alpha cuyos requerimientos son 223 y 870 GDD, respectivamente (Parga *et al.*, 1992). Con los cultivares de papa tolerantes a frío se busca reducir pérdidas en la producción, no sólo por la muerte parcial o total de las plantas cuando inciden temperaturas letales de $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Li, 1977), sino también por el efecto en la calidad del producto. Pueden no existir en la papa efectos visuales por frío, pero sí alteraciones en el contenido de almidón a temperaturas menores a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, que disminuyen la calidad de la papa por un desdoblamiento de almidón a sacarosa (Sutcliffe, 1979), lo que representa una desventaja para la industria (Paull, 1990). Otros autores consideran que lo anterior ocurre a partir de $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, interpretado como un mecanismo para aumentar la concentración de solutos y reducir el punto de congelación, reportado para papa entre -1.0 y $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Burton, 1989).

Respecto al ambiente, se pueden evitar los efectos de frío reduciendo las tasas de pérdida de energía con el uso de calentadores, de agua o cubiertas sobre el suelo y las plantas. La superficie del suelo al ser calentada por la radiación solar, parte de la energía fluye hacia su interior por conductancia térmica y es almacenada de acuerdo a su capacidad térmica (Richter, 1987). Con el uso de cubiertas vegetales sobre la superficie del suelo se reducen la entrada de energía al interior del mismo (Rosenberg *et al.*, 1983) al impedir la incidencia de radiación solar sobre su superficie, pero también durante la noche, la tasa de pérdida de energía es menor que en una superficie descubierta. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue detectar el efecto del acolchado del suelo con rastrojo de frijol, en relación al daño provocado por helada en plantas de papa cultivadas durante el invierno, partiendo del supuesto de que la cubierta vegetal reduciría las pérdidas de energía del suelo hacia la atmósfera, y por tanto, evitaría que las temperaturas llegaran a niveles de helada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, localizada a $19^{\circ} 29'$ latitud N, $98^{\circ} 53'$ longitud O y a 2240 m de altitud. Tiene un clima templado subhúmedo clasificado como C(W)(W)b(i)g de acuerdo con García (1981). Se estableció el experimento en un suelo migajon arenoso y con poca pedregosidad.

Se utilizó como genotipo a la papa cv. Atlántic, que es de ciclo precoz y bajo potencial de rendimiento. Se evaluaron dos tratamientos de acolchado con rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), uno al momento de la emergencia (T2), otro a los 30 días de edad de la planta (T3) y el testigo sin acolchar (T1). Se evaluaron los tratamientos en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, en parcelas de cinco surcos de 85 cm de ancho y 10 m de longitud. Se utilizaron tres surcos centrales como parcela útil; la distancia entre matas fue de 25 cm. La fecha de siembra fue el 2 de diciembre de 1993 y la de emergencia el 5 de enero de 1994. Se utilizó en la siembra la fórmula de fertilización 110-150-80 aplicándose el nitrógeno en dos partes. Se aplicaron siete riegos (4, 11, 19 y 26 de diciembre de 1993; 11 y 12 de febrero de 1994 y el 3 de marzo de 1994). Hubo dos labores culturales para control mecánico de malezas (9 de febrero y 1 de marzo de 1994) y dos aplicaciones químicas con insecticida contra mosquita blanca (*Trialeuroides vaporariorum* West.) (14 de febrero y 1 de abril de 1994).

Las variables evaluadas cada ocho días en cinco plantas de la parcela útil fueron altura de planta, número de hojas en el tallo principal; se midió el diámetro del dosel foliar en sentido transversal al surco, para ver la cobertura sobre el mismo. Se registraron cada 15 días a partir de la emergencia el peso seco de tallo y peso seco de hojas. Además, a los 150 días desde la siembra se cuantificó el peso de tubérculos y número de tubérculos. A dos días de ocurrido un fenómeno de helada el 11 de marzo de 1994, se cuantificó el peso seco de las hojas dañadas y el contenido de humedad edáfica presente en ese momento.

Para el análisis de la información todas las variables fueron sometidas a un análisis de varianza y prueba de medias con el procedimiento Tukey, y se utiliza el análisis gráfico para ver al crecimiento de las plantas con las variaciones de temperatura extremas registradas durante el experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas en la altura de planta registrada en los primeros 19 días de edad (dde) y entre los 47 y 83 días de edad (Cuadro 1). En el número de hojas, las diferencias estadísticas fueron detectadas entre los 40 y 81 días de edad, encontrado en el acolchado a la emergencia los valores más altos (Figura 1) en ambas variables.

En acumulación de materia seca, como una manera de registrar la eficiencia fotosintética, nunca se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en el tallo, mientras que en las hojas las hubo sólo en el último registro. En ambas variables sus valores fueron superiores cuando se acolchó desde la emergencia, respecto al testigo y cuando fue

CUADRO 1. Resultados de los análisis de varianza aplicados en diferentes variables registradas en papa cv. Atlantic, evaluadas con tres épocas de acolchado bajo condiciones de invierno en Chapingo, México, 1993-1994.

Variabes	CME	Fc Bloques	Fc tratamientos	CV (%)
Altura de planta a 3 dde	0.15	4.28	16.84*	15.7
Altura de planta a 7 dde	0.65	0.25	9.69*	18.6
Altura de planta a 11 dde	0.97	1.01	6.38*	25.5
Altura de planta a 15 dde	0.68	0.21	13.13**	13.9
Altura de planta a 19 dde	0.61	1.88	19.24**	10.4
Altura de planta a 26 dde	5.25	1.42	5.21	22.0
Altura de planta a 33 dde	2.08	1.71	3.84	10.8
Altura de planta a 40 dde	3.59	2.10	0.78	11.5
Altura de planta a 47 dde	4.17	1.44	8.76*	10.4
Altura de planta a 54 dde	3.73	1.45	14.55**	9.1
Altura de planta a 61 dde	3.73	0.97	19.82**	8.7
Altura de planta a 68 dde	3.75	1.73	24.82**	8.2
Altura de planta a 74 dde	2.99	1.56	31.26**	7.2
Altura de planta a 81 dde	3.32	0.89	29.44**	-
Diámetro del dosel foliar	50.27	0.03	2.24	13.4
Humedad edáfica	3.08	0.12	57.67**	10.1
Peso seco del tallo	12.71	0.50	4.60	18.6
Peso seco de la hoja	7.27	11.37*	11.71**	12.0
Peso seco de hoja helada	0.01	2.37	134.20**	--
Peso de tubérculo por planta	2654.12	2.53	2.79	24.0
Número de tubérculos por planta	4.97	1.48	1.22	19.6

Dde: días después de la emergencia, CME: cuadrado medio del error, CV: Coeficiente de variación. Fc: valor de F calculada.

acolchado a los 30 días (Figura 1). El mayor crecimiento registrado en el acolchado a la emergencia, se asocia con una mayor conservación del agua en el suelo, pues en un muestreo hecho al momento de la helada (65 días después de la emergencia), se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) con valores medios de 9.66 % de humedad edáfica en el tratamiento sin acolchar, 24.78 % cuando se acolchó en la emergencia y 17.3 % en acolchado a los 30 días de edad, lo que permite a las plantas acolchadas desde la emergencia, una mayor disponibilidad de agua respecto a plantas sin acolchar.

A pesar de la evidente ventaja para la conservación de humedad con el acolchado temprano, en número y peso de tubérculo, no se detectaron diferencias significativas estadísticas (Cuadro 1). Sin embargo, las diferencias entre plantas son notorias (Figura 2), pues mientras en el testigo se tuvo un rendimiento estimado de 6.3 t·ha⁻¹, con el acolchado desde la emergencia fue de 9.3 t·ha⁻¹ y con el acolchado a los 30 días de edad fue de 10.0 t·ha⁻¹. La importancia de estos valores radica en la posibilidad de producir alimentos bajo condiciones de invierno, objetivo central de las investigaciones tendientes a producirlos fuera de la estación de crecimiento (Barrales y Aguilar, 1986).

La temperatura de la helada a los 65 días de edad fue de -3 °C registrada en una garita meteorológica, nivel térmico reportado como letal (Li, 1977), aunque en este estudio causó sólo la muerte de las hojas ubicadas en la parte superior de la cubierta vegetal. En este fenómeno, se difiere con Lindstrom *et al.* (1992) quienes mencionaron

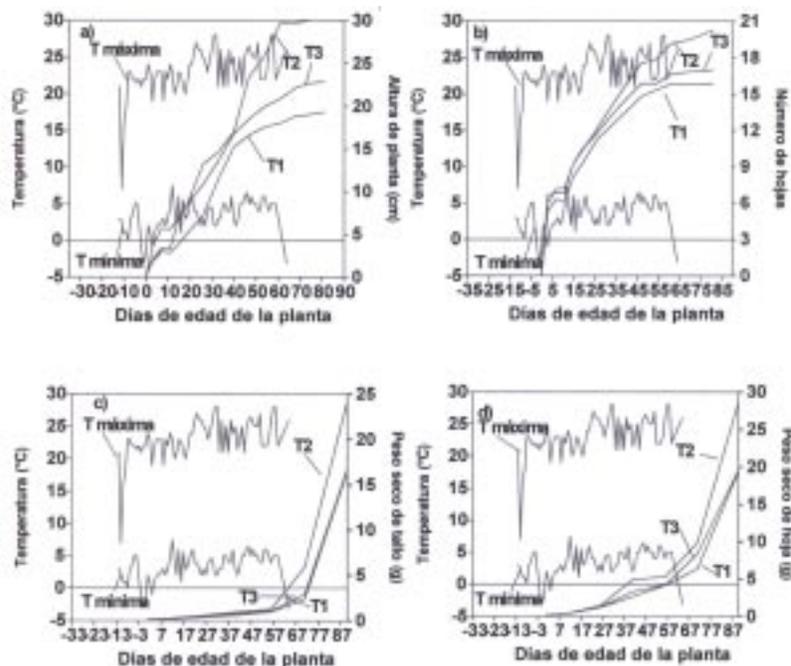


Figura 1. Curvas de crecimiento en a) altura de planta, b) número de hojas, c) peso seco de tallo y d) peso seco de la hoja, registradas en plantas de papa cv. Atlantic sin acolchado orgánico (T1) y con acolchado a la emergencia de plantas (T2) y a los 30 días de edad de las plantas, (T3) bajo condiciones de invierno 1993-1994 en Chapingo, México.

que a ese nivel de temperatura, ocurre una muerte total de las plantas de papa sin importar el tiempo de exposición, la aclimatación de las plantas y las condiciones del suelo. Lo que ocurre es que las hojas de la parte superior de la planta están más expuestas a la pérdida de energía hacia la atmósfera, lo que provoca que su temperatura foliar sea más baja en menor tiempo, respecto a otras hojas ubicadas en puntos inferiores de la planta, quienes reciben energía que es liberada por el suelo, tal como ha sido registrado en otras especies al someterlas a condiciones de helada (Barrales, 2000).

Se esperaban mejores resultados cuando se cubre el suelo desde la emergencia al suponer que habría mayor conservación de energía, sin embargo, los mayores rendimientos de tubérculo por planta se tuvieron al cubrirse a los 30 días de edad de las plantas. La razón principal fue que, cuando se acolchó al momento de la emergencia se tuvieron mayores daños por la helada ocurrida a los 65 días de edad. En daño al follaje por la helada se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los tres tratamientos (Cuadro 1), registrándose en el testigo 0.34 g de área foliar dañada por planta, mientras que en acolchado a la emergencia 2.2 g·planta⁻¹ y en acolchado a los 30 días de edad 1.35 g·planta⁻¹ (Figura 2), que representan el 5.07, 18.27 y 13.88 % del peso seco total de las hojas que a esa edad tenían las plantas dentro de cada tratamiento.

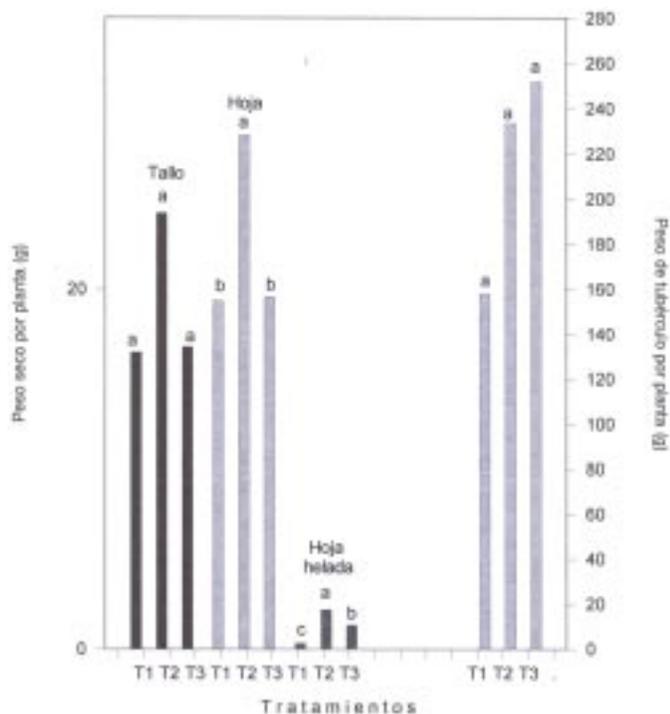


Figura 2. Peso seco de tallo, hoja sana y con daño por helada, y peso de tubérculo por planta registrados en papa cv. Atlantic cultivada durante el invierno en Chapingo, México. Sin acolchado (T1), con acolchado orgánico a la emergencia de plantas (T2) y a los 30 días de edad (T3). Barras con la misma letra dentro de grupos de variables son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Los mayores daños causados a las plantas cuando se acolcha desde la emergencia se explican además por mayores contenidos de humedad en el suelo, a una mayor área foliar expuesta. Aunque no hubo diferencias estadísticas en el diámetro del dosel de las plantas, las plantas del testigo cubrían una área sobre el suelo de 1814 cm², mientras que las plantas acolchadas a la emergencia y a los 30 días de edad cubrían 2,804 y 2,026 cm², respectivamente.

A mayor área foliar expuesta se tienen mayores daños por helada, aunque en cultivos con cubierta vegetal grande, se han logrado reducir los daños al interceptar la energía emitida por el suelo, tal como encontraron Pérez (1990) al evaluar maíz a 60,000 planta·ha⁻¹ quien observó menores daños por helada que en densidades bajas y Barrales, (1992) con plantas de haba en las cuales también se observaron menores daños en plantas muy ramificadas que en plantas con pocos tallos. En el presente estudio se manejó una densidad de población de 47,000 planta·ha⁻¹, cubriendo el follaje sólo 65.5 cm del ancho del surco quedando las plantas a lo largo del surco expuestas a la pérdida de energía, lo que favorece los daños por frío. Con la cubierta vegetal se busca reducir durante la noche las pérdidas de energía del suelo a la atmósfera durante la helada; sin embargo, al favorecer una mayor conservación de humedad edáfica, las plantas se hidratan haciéndolas más sensibles al daño por helada.

La sobrevivencia al congelamiento se considera como un mecanismo poligénico, en el cual son importantes la tolerancia al frío y el grado de aclimatación de las plantas, por lo que se debe lograr la producción agrícola en el invierno aumentando la tolerancia al frío y usando sustancias orgánicas e inorgánicas tales como sacarosa y micronutrientes. En el trabajo de Greewal y Singhs (1980), quienes utilizaron potasio, reportaron un aumento en la tolerancia al frío en suelos con potasio disponible en cantidades menores a 114 mg·litro⁻¹.

En número de tubérculos, no se detectaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 1), a pesar de que el acolchado a los 30 días hubo 12.7 tubérculos por planta, en acolchado a la emergencia 11.3 y en el testigo 9.6 tubérculos por planta. Se sabe que el acolchado vegetal reduce el calentamiento del suelo (Rosenberg *et al.*, 1983) por lo que en acolchado desde la emergencia se impidió más el calentamiento del mismo respecto al acolchado hecho a los 30 días de edad, en donde se diferenció un mayor número tubérculos, mismos que crecerán mejor por la conservación de humedad desde el momento del acolchado. En el testigo no fue una limitación el calentamiento del suelo, pero si la humedad que no se conserva por falta de acolchado que también sirve para reducir la tasa de evaporación de agua del suelo, resultando en un menor número de tubérculos diferenciados y de menor rendimiento.

CONCLUSIONES

El uso de acolchado no permitió reducir los efectos de helada, asociado a la conservación de humedad edáfica, lo que favorece un mayor crecimiento vegetativo aumentando la superficie foliar expuesta al fenómeno.

LITERATURA CITADA

- BARRALES D., J. S. 1990. La problemática agrícola de México, ¿agricultura para qué y para quiénes?. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 77 p.
- BARRALES D., J. S.; AGUILAR M., M. A. 1986. Estudio agronómico sobre el crecimiento y la capacidad de tolerancia a los daños por helada en haba *Vicia faba* L., en relación al contenido de humedad edáfica en Chapingo, México. Revista Chapingo 11(50-51): 10-16.
- BARRALES D., J. S. 2000. Relaciones térmicas en el sistema suelo-planta-atmósfera durante la incidencia del fenómeno de enfriamiento o heladas. Tesis Doctoral en Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 257 p.
- BURTON, W. G. 1989. The Potato. Logmain Scientific and Technical. 3th. ed. New York. USA. 742 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1987. Producción de papa y batata en clima frío. En Informe Anual del CIP, 1986-1987. Lima, Perú. pp. 137-146.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1988. Producción de papa y batata en clima frío. En Informe anual del CIP, 1988. CIP. Lima, Perú. pp. 125-132.
- GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. México. 252 p.
- GREEWALL, J. S.; SINGH, S. N. 1980. Effect of potassium nutrition on frost damage and yield of potato plants on alluvial soils of the punjab (India). Plant and Soil 57(1): 105-110.
- JONES, H. G. 1992. Plants and Microclimate. 2d. ed. Cambridge niversity Press. Great Britain. 323 p.
- LI, P. H. 1977. Frost killing temperatures of 60 tuber bearing Solanum species. American Potato Journal 54: 452-456.
- LINDSTROM, O.M.; OLSON D.J.; CARTER, J.V. 1992. Degree of undercooling and injury of whole potato plants following exposure to -4 °C for 6 or 12 hours. Hortscience 27: 244-246.
- MUÑOZ S., A. 1995. Enfermedades bióticas y abióticas del cultivo de papa. Memoria del VI Congreso Nacional de Productores de Papa. CONPAPA. Chihuahua, México. pp. 12-17.
- PARGA T., V. M.; BORREGO E, F.; MURILLO S., M.; HERNÁNDEZ O., R. M. 1992. Requerimientos térmicos en cuatro genotipos de papa (*S. tuberosum* L.). Memoria del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Tuxtla Gutierrez Chiapas, México. 105 p.
- PAULL, R. E. 1990. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin, pp 18-36. In: Chilling Injury of Horticultural Crops. by Ch. Yi W. (ed.). CRC Press, Inc. Florida, USA.
- PÉREZ V., R. 1990. Productividad del maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de temporal atrasado y heladas tempranas en Chapingo, Méx. Tesis profesional EN Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 113 p.
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. 1983. Microclimate. The Biological Environment. 2ª. Ed. John Wiley & Sons. USA. 495 p.
- SUTCLIFFE, J. 1979. Plantas y temperatura. Trad. del Inglés por R. Margalef. Ediciones Omega. Madrid. España. 63 p.