

COBERTURA VEGETAL Y DAÑOS CAUSADOS POR HELADA EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.)

J. Leyva-Carmona; J. S. Barrales-Domínguez[†]

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

RESUMEN

En el período invernal 1993-1994 en Chapingo, México se estableció un experimento con papa cv. Atlantic en tres densidades de establecimiento (20, 35 y 50 cm entre tubérculos), con el objetivo de observar como influye el follaje sobre los daños causados por helada. De las variables registradas, la altura de planta, número de hojas, número de tubérculos, peso de tubérculos y peso de hoja dañada por helada, se afectaron significativamente ($P \leq 0.05$), resultando la distancia de 20 cm entre plantas la que tuvo el menor daño en el follaje por planta. La mayor cantidad de tubérculos se obtuvo en el tratamiento con mayor distanciamiento entre plantas, aunque la distancia de 20 cm produjo menor cantidad de tubérculos, éstos presentaron mayor rendimiento considerando a la variable peso de tubérculo.

PALABRAS CLAVES ADICIONALES: Solanaceae, área foliar, densidad de plantas, producción.

LEAF COVER AND DAMAGE CAUSED BY FROST IN POTATOES (*Solanum tuberosum* L.)

SUMMARY

To observe the influence of leaf cover on frost damage, the potato cultivar Atlantic was sown at three spacing distances (20, 30, and 50 cm between tubers). Of the variables recorded, plant height, number of leaves, number of tubers, weight of tubers, and weight of frost damaged leaf were affected significantly ($P \leq 0.05$). Spacing at 20 cm between plants resulted the least damage to foliage per plant. The largest number of tubers was obtained with the widest spacing between plants. Although at 20 cm fewer tubers were produced, yield was higher considering the variable weight of tuber.

ADDITIONAL KEY WORDS: Solanaceae, leaf area, plant population, production.

INTRODUCCIÓN

En las regiones agrícolas de temporal arriba de 1800 m de altitud con heladas frecuentes, la diversidad de los cultivos es limitada conforme se tiene mayor altitud, ajustando el ciclo biológico por carecer de genes de resistencia a las bajas temperaturas. Aunado a este problema, en algunas regiones el período de lluvias es muy corto lo que define una reducida estación de crecimiento donde la producción se restringe. Cuando hay estaciones de crecimiento cortas, el período de heladas es amplio, por lo que resulta importante generar una estrategia agrícola que permita establecer cultivos en los períodos invernales.

La mayor parte de las pérdidas en cosecha se debe a los fenómenos meteorológicos relacionados con la irregularidad en la disponibilidad de agua y a la variación

en la temperatura, ya que el fenómeno de las heladas se presenta en la mayor parte del país. El efecto de las heladas depende de la etapa fenológica, del nivel de temperatura mínima que alcanzan los tejidos durante el fenómeno, del grado de crecimiento y del período de tiempo que las plantas estén sometidas a las bajas temperaturas (Carrillo *et al.*, 1993); también de la preadaptación de las plantas y la tasa de caída de temperatura (Lyons *et al.*, 1979). Respecto al mecanismo de resistencia al frío, Stuckery y Curtis (1938) señalaron que la disminución de la cantidad de agua libre en las células al momento del enfriamiento reduce el riesgo de formación de hielo y de este modo se incrementa la resistencia. Por su parte, Levitt (1951) atribuyó a los incrementos de concentración de azúcares, presión osmótica y permeabilidad de las membranas del plasma la aportación de una mayor resistencia al frío.

Tumanov (1967) presentó una hipótesis atribuyendo el mecanismo de resistencia al frío a los cambios fisiológicos ocurridos en el plasmalema de las células de las plantas al acercarse el invierno, que consiste en el paso de la solución a estados gel, por la síntesis de proteínas solubles en agua, y cuyo efecto protector proporciona tolerancia a la deshidratación, lo que evita la deformación del plasma. La presencia de proteínas de choque (Sabehat *et al.*, 1998) y anticongelantes (Xiao-Ming y Griffith, 1999) contribuyen también a reducir el daño por baja temperatura.

El espacio entre plantas influye en la producción de dos maneras. Si la distancia es muy corta, se presenta una fuerte competición interplanta disminuyendo la producción por planta; mientras que, si los espacios son grandes, la producción por unidad de superficie es menor, aunque la producción por planta sea mayor. En papa (*Solanum tuberosum* L.) desde hace tiempo se menciona que el volumen de tubérculos por planta se incrementó con baja densidad, pero que el volumen unitario de tubérculos aumenta a una mayor densidad (Ibins y Milthorpe, 1963; Becerra, 1969).

La temperatura de la hoja es el resultado del balance de energía con su ambiente (Ksenzhek y Volkov, 1998), por lo que en la noche el follaje es importante para captar energía emitida por el suelo y otros cuerpos que la rodean y la tasa de enfriamiento. La influencia de la cobertura vegetal para reducir el efecto de helada se ha evaluado en otros cultivos, como en la asociación maíz-frijol, donde se encontró que una helada que causó la muerte al maíz, no afectó letalmente al frijol por la protección de la cubierta vegetal del maíz sobre la leguminosa, permitiendo que esta especie terminara su ciclo biológico y asegurando su producción (Barrales, 1997).

En el presente trabajo se ha planteado como objetivo, estudiar la respuesta de la papa sometida a las condiciones adversas propias del invierno, mediante la manipulación de la densidad de población como un mecanismo para reducir los daños causados por frío y heladas. Se ha planteado la hipótesis de que a mayor cobertura vegetal sobre superficie del suelo (menor distancia entre plantas al momento de la siembra) se tienen menores tasas de pérdida de energía del suelo, y por lo tanto, habrá menores daños por efecto de helada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el invierno de 1993-1994, en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, localizada en Chapingo, México, se estableció un experimento con papa cv. Atlantic, sembrada a tres distancias de siembra (20, 35 y 50 cm entre tubérculos) que corresponde a densidades de población de 58,800, 47,000 y 23,500 plantas por ha. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones; la unidad experimental fue de cinco surcos

de 85 cm de ancho y 10 m de largo. La fórmula de fertilización fue la 110-150-80 (N-P-K), tomando como fuentes a la urea, superfosfato de calcio simple y cloruro de potasio. La primera aplicación se realizó en la siembra (55-150-80) y el resto del nitrógeno se proporcionó un mes después. Con la finalidad de favorecer la emergencia, se dio un primer riego por aspersión al momento de la siembra y posteriormente se aplicaron otros seis a los 12, 20, 26, 41, 71 y 90 días después de la siembra.

La parcela útil fue de tres surcos centrales, en los cuales se etiquetó una planta representativa por tratamiento y repetición, para evaluar la altura de la planta (ALT), diámetro del dosel (DD), número de hojas (NH), número de tubérculos (NTUB), peso de tubérculos (PTUB) y peso de hoja dañada por helada (PHDH), así como también, se registraron los pesos de materia seca en hoja y tallo. Las evaluaciones de materia seca en hoja y tallo se realizaron cada 15 días y el resto de las variables se midieron cada 8 días, excepto el rendimiento (número y peso de tubérculos) que se registró al momento de la cosecha. El daño al follaje se cuantificó tres días después de helada (11 de marzo de 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en altura de planta, número de hojas, número de tubérculos, peso de tubérculos y peso de hoja dañada por helada (Cuadro 1).

La hoja dañada por la helada fue la ubicada en la parte superior de la planta debido a que esta expuesta a la intemperie. Aunque en el diámetro del dosel no hubo diferencias estadísticas a mayor distancia de siembra los daños por helada fueron mayores. Las hojas del estrato inferior de la planta no se helaron por que captan la energía que emite el suelo y otras estructuras de la misma planta lo que evita alcanzar temperaturas letales, mientras que, las hojas superiores emiten energía hacia la atmósfera sin ninguna resistencia y llegan a temperaturas letales. También el calentamiento con la salida del sol contribuye al nivel de daño, pues en haba se observa que la temperatura nocturna de estrato superior e inferior son similares, pero al salir el sol el estrato superior se calienta muy rápido lo que evita la restitución del daño por frío, causando la muerte de las hojas (Barrales, 2000).

El rendimiento encontrado se explica por el daño por helada, pero también por el nivel de temperaturas extremas durante el periodo invernal donde la máxima osciló entre 23 °C y la mínima en 3 °C, niveles que causan alteraciones en el crecimiento. Temperaturas menores a 10 °C afectan la actividad de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPasa) (Graham *et al.*, 1979) lo que se relaciona con un amarillamiento de hojas bajo condiciones de frío, observado en otras especies como frijol (Aguilar *et al.*, 1988). Este tipo de daño es visible en plantas que se cultivan bajo condiciones de invierno.

CUADRO 1. Valores de los cuadrados medios y nivel de significancia de variables registradas en papa cv. Atlantic en tres distancias de siembra en condiciones de invierno 1993-1994. Chapingo, México.

F.V	G.L.	ALT	DD	NH	PH	PT	NTUB	PTUB	PHDH
Tratamiento	2	16.01*	4.36	12.113*	6.13	1.59	1592.8**	3253.0**	1.85*
Repetición	2	2.04	0.06	4.26	0.12	0.10	66.89	156.89	0.035
Error	4	2.85	3.10	1.82	0.41	0.81	123.11	350.58	0.62
C.V.		3.00	1.84	3.03	4.79	25.37	27.89	25.37	3.08

*Significancia al 5 % de probabilidad; ** Significancia al 1 % de probabilidad. ALT: altura de planta; DD: diámetro del dosel; NH: número de hojas; PH: peso de materia seca de hoja; PT: peso de materia seca de tallo; NTUB: número de tubérculos; PTUB: peso de tubérculos; PD: peso de hoja dañada por helada.

Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) para la variable altura de planta (Cuadro 2 y Figura 1), donde la siembra a 20 cm de distancia entre plantas, presenta valores por debajo de los otros dos tratamientos. Esto puede explicarse porque cuando la separación entre plantas es reducida ocurre una mayor competencia y a medida que se disminuye la competición por el espacio, el desarrollo de las plantas es mejor. Con la distancia de siembra de 50 cm entre plantas se obtuvo también el mayor número de hojas, debido a la menor competencia por los nutrientes, agua y luz, lo que permitió un mayor aprovechamiento de la energía y transformarla en biomasa.

A pesar de que las plantas sembradas a 35 cm de distancia, se desarrollaron mejor en cuanto a altura, esto no se transformó en una mayor acumulación de materia seca en tallo y hoja. Por número de hojas producidas y acumulación de materia seca en ellas, se observa que la siembra a 50 cm de separación entre plantas, fue estadísticamente diferente a los tratamientos 20 y 35 cm entre plantas, ya que fue superior en un 11.22 y 9.17 %, respectivamente. Sin embargo, el mayor número de hojas no representó un aumento en materia seca, ya que este tratamiento estuvo por debajo de la media de las plantas que se establecieron a 20 y 35 cm.

Se encontró que el mayor peso de tubérculos se registró con mayor densidad de población (Cuadro 2), resultado que parece lógico, pues a mayor cantidad de

plantas en un mismo espacio hay un menor número de tubérculo diferenciados por planta, que alcanzan mayor tamaño por ser órganos de reserva. Este ha sido un comportamiento observado desde hace tiempo, pues Shoemaker (1953), encontró que entre espacios cerrados de 24 a 28 pulgadas (60.96 y 71.10 cm entre plantas), generalmente permiten cosechas altas en comparación con espacios abiertos de 42 pulgadas (106.6 cm). Este mismo autor señaló que en Virginia, Estados Unidos de Norteamérica, al evaluar espacios entre plantas, el mayor rendimiento se obtuvo en espacios cortos de 38 y 45 cm.

El peso promedio por tubérculo fue de 11.04 g a 20 cm, de 1.9 g a 35 cm y de 0.45 g a 50 cm, resultados que no concuerdan con lo obtenido por Ibins y Milthorpe (1963), quienes señalaron que el tamaño medio de un tubérculo aumenta al aumentar la densidad de población. Lo que ocurrió aquí, es que a menor distancia hay menor competencia entre plantas, y éstas destinaron más energía en diferenciar un mayor número de tubérculos que al final no crecen lo suficiente por los daños ocasionados por la helada y por que compiten por las sustancias de reserva. En condiciones favorables, todos los tubérculos diferenciados debieron crecer y al final derivar en un mayor rendimiento.

El tratamiento con mayor rendimiento en peso de tubérculos, fue el de menor distancia entre plantas, aunque

CUADRO 2. Variables estudiadas en tres distancias de siembra de papa cv. Atlantic en condiciones de invierno 1993-1994, en Chapingo, México.

Distancia	ALT	DD	NH	PH	PT	NTUB	PTUB	PHDH
20 cm	26.36 b ²	47.23 a	21.20 b	8.03 a	3.16 a	5.66 b	62.53 a	1.40 b
35 cm	29.52 a	48.80 a	21.69 b	8.10 a	2.35 a	16.33 b	31.10 b	2.26 a
50 cm	28.66 ab	47.43 a	23.88 a	6.30 b	2.2 0a	37.66 a	17.06 b	2.97 a
DSH	2.46	2.56	1.96	0.97	1.31	16.14	27.24	

²Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

DSH: Diferencia Significativa Honesta; ALT: altura de planta; DD: diámetro del dosel; NH: número de hojas; PH: peso de materia seca de hoja; PT: peso de materia seca de tallo; NTUB: número de tubérculos; PTUB: peso de tubérculos; PHDH: peso de hoja dañada por helada.

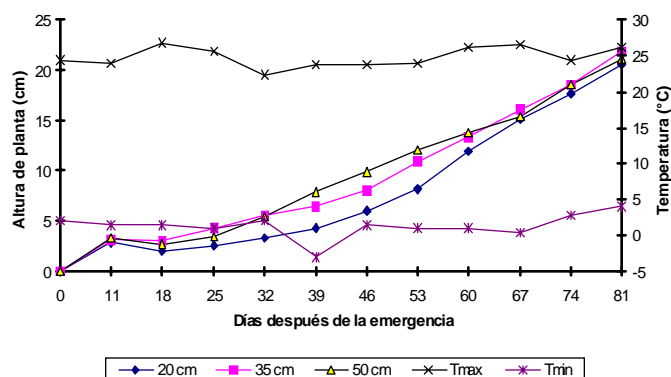


Figura 1. Altura de planta en tres distancias de siembra de papa cv. Atlantic en siembras de invierno. Chapingo, México, 1993-1994.

fue menor respecto a los otros dos tratamientos en las variables diámetro del dosel, número de hojas y número de tubérculos; respecto a la acumulación de materia seca en hoja, en las distancias de 20 y 35 cm entre plantas se acumuló la misma cantidad, superiores estadísticamente a plantas sembradas a 50 cm. La acumulación de materia seca en el tallo fue mayor a 20 cm, aunque igual estadísticamente a los otros tratamientos. Con esto se puede deducir que la acumulación de materia seca y el menor daño del follaje por la helada en plantas sembradas a 20 cm, ayudaron a la acumulación de energía destinada al desarrollo de los tubérculos, no así para los otros dos tratamientos, en donde la mayor altura de planta, número de hojas y diámetro del dosel pudieron haber ayudado el proceso de formación de mayor número de tubérculos, pero no para el desarrollo de los mismos, que quedaron de tamaño pequeño.

En el número de tubérculos por planta, se detectaron diferencias ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1), resultando superior en la siembra a 50 cm en 84.9 y 56.6% con respecto a las siembras a 20 y 35 cm, respectivamente (Cuadro 2). Por lo anterior, en ausencia de factores adversos, a mayores espacios la producción de tubérculos por unidad de superficie va a ser menor, aunque la producción por planta será mayor.

Al observar la variable peso de tubérculo por planta (PTUB) se encontró que la siembra a 20 cm es superior en 50.2 y 72.7 % a los tratamientos sembrados a 35 y 50 cm, respectivamente (Cuadro 2), coincidiendo con lo encontrado por Shoemaker (1953). Respecto al peso de hoja dañada por helada, existieron diferencias ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1), resultando la siembra a 20 cm diferente a los otros dos tratamientos. Al presentarse la helada de -3°C (11 de marzo 1994), las plantas con menor distancia entre ellas presentaron el menor daño en el follaje por planta (Cuadro 2), lo cual se reflejó finalmente en el crecimiento de los tubérculos diferenciados.

CONCLUSIONES

La mayor cantidad de tubérculos, se obtuvo en los espacios abiertos (50 cm entre plantas), sin embargo, el mayor rendimiento en peso del tubérculo se registró en el tratamiento donde las plantas se establecieron a 20 cm de distancia entre ellas.

Se encontró que a menor distancia entre plantas, hubo mayor follaje sobre el suelo, resultando menores daños por efecto de helada. Al momento de presentarse la helada, los tratamientos más dañados fueron aquellos donde las plantas tuvieron una separación de 35 y 50 cm.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR S., G.E.; ORTEGA D., M.L.; ENGLEMAN, E.M. 1988. Efecto del frío durante el cultivo de la planta de frijol sobre las globulinas de la semilla. *Agrociencia* 71: 143-159.
- BARRALES, J.S. 1997. La asociación Maíz-Frijol como alternativa para agricultura con problemas de heladas. *Agronomía Mesoamericana* 8(2): 121-126.
- BARRALES D., J.S. 2000. Relaciones térmicas en el sistema suelo-planta-atmósfera durante la incidencia del fenómeno de enfriamiento o helada. Tesis de Doctorado en Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México. 255 p.
- BECERRA, R.S. 1969. Ensayo de densidades de siembra en papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región de Chapingo. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- CARRILLO S., J.A.; LIVERA M.,M.; ORTÍZ C., J.; MENDOZA O., L. E. 1993. Relaciones térmicas en las hojas de cuatro cultivos durante heladas invernales, en Montecillos, México. *Revista Fitotecnica Mexicana* 16(3): 113-133.
- GRAHAM, D.; HOCKLEY, D. G.; PATTERSON, B. D. 1979. Temperatures effects of phosphoenol pyruvate carboxylase from chilling sensitive and chilling resistant plants, pp. 453-461. *In: Low Temperature Stress in Crop Plants*. Lyons, J.M.; Graham, D.; Raison, J.K. (eds). Academic Press. New York. USA.
- IBINS J. D., MILTHORPE, F. L. 1963. The growth of the potato, the significance of seed size and spacing, pp. 267-280. *In: The Seed Bremner*; P.M.; and A.K. Butterworks. (eds.) London. U. K.
- KSENZHEK, O. S.; VOLKOV, A. G. 1998. *Plant Energetics*. Academic Press. USA. 389 p.
- LEVITT, J. 1951. Frost drought and heat resistance. *Ann. Review of Plant Physiol.* 2: 245-268.
- LYONS, J. M. 1979. Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27: 507-528.
- SABEHAT, A. S.; LURIE, S.; WEISS, D. 1998. Expression of small heat-shock proteins at low temperatures. A possible role in protecting against chilling injuries. *Plant Physiol.* 117(2): 651-694.
- SHOEMAKER J., S.H. 1953. *Vegetable Growing*. John Wiley and Sons. Inc. New York, USA. pp. 330-331.
- STUCKERY H. T.; CURTIS, O.T. 1938. Ice formation and the death of plants cells by freezing. *Plant Physiol.* 13: 815-833.
- TUMANOV, I. 1967. Physiological mechanism of frost resistance of plants. *Biology Abstract* 1968 49: 5222 (58577).
- XIAO-MING, Y.; GRIFFITH, M. 1999. Antifreeze protein in winter rye leaves form oligomeric complexes. *Plant Physiol.* 119: 1361-1369.