

Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

J. de Grazia *, P.A. Tiftonell, Á. Chiesa

Cátedra de Horticultura y Floricultura, Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Argentina.

jadegrazia@yahoo.com

RESUMEN

Para estudiar el efecto de la radiación y temperatura sobre el patrón de crecimiento del cultivo de lechuga y su interacción con la nutrición nitrogenada, se evaluaron tres niveles de atenuación de la radiación solar incidente (0 %, 35 % y 65 %), combinados con tres niveles de aplicación de N (0, 75 y 150 kg N.ha⁻¹), para una siembra invernal, y otra primaveral sin tratamientos de sombreado. Se determinaron tasas de crecimiento de distintos órganos, rendimiento y parámetros de calidad. La radiación apareció como el factor determinante del crecimiento, y la fertilización nitrogenada sólo afectó a la tasa de producción de biomasa si la misma no se halla en niveles limitantes. En base a lo observado en los tratamientos sin sombrear para ambas épocas de siembra, no se recomienda superar la dosis de 75 kg N.ha⁻¹ al fertilizar cultivos de lechuga de hojas sueltas a campo, por cuanto los rendimientos no se incrementan significativamente con un mayor nivel de aplicación.

PALABRAS CLAVE: *Lactuca sativa* L.
Fertilización
Nitrógeno
Intensidad lumínica
Sombreado
Temperatura

INTRODUCCIÓN

La lechuga es el cultivo de mayor importancia entre las hortalizas de hoja producidas en los cinturones verdes de los principales centros urbanos de la Argentina. La mayor parte de la producción de lechuga se realiza a campo aunque, durante los últimos años, este

* Autor para correspondencia
Recibido: 4-9-00
Aceptado para su publicación: 21-6-01

cultivo ha ganado cada vez más espacio en los invernaderos. La incorporación de técnicas intensivas de producción responden a la necesidad de obtener un producto de mayor calidad, incrementando su precio en el mercado.

Su intensificación requiere conocer con mayor exactitud el efecto de los factores ambientales sobre su patrón de crecimiento y el grado de limitación que pueden ejercer sobre su rendimiento durante el año. En numerosas investigaciones la radiación, la temperatura y la nutrición nitrogenada se han identificado como los factores de mayor importancia en la diferentes regiones productivas del mundo (Brumm *et al.*, 1993; Leja *et al.*, 1994; Rozek *et al.*, 1994a, 1994b; Sorensen *et al.*, 1994; Custic *et al.*, 1994; Dapoiny *et al.*, 1996). Más allá de sus efectos sobre la morfología foliar, la radiación y la temperatura son los principales determinantes de la tasa de crecimiento de la lechuga, expresada como el incremento tanto en el número de hojas como en el peso seco de la planta (Wurr *et al.*, 1981). Bajo condiciones hídricas y nutricionales adecuadas, el aumento de la temperatura de 10 a 30 °C y del nivel de radiación de 1 a 26 MJ.m⁻².día⁻¹ incrementan el número de hojas formadas por unidad de tiempo (Wurr *et al.*, 1981; Wurr y Fellows, 1991; Wien, 1997), lo cual se traduce en una mayor producción de biomasa y en mejores rendimientos del cultivo (Glenn, 1984).

En experimentos realizados en condiciones controladas, principalmente con cultivares de lechuga de cabeza crespada, se demostró que el tiempo requerido para obtener plantas de tamaño comercializable disminuye a medida que aumenta la radiación solar incidente (Cracker y Seibert, 1983; Knight y Mitchell, 1983a, 1988). Bajo condiciones de campo, la respuesta al incremento en el nivel lumínico puede ser enmascarada por los efectos adversos de mayores temperaturas o desequilibrios hídricos de las plantas sometidas a ambientes de alta radiación (Wien, 1997). Trabajando en invernaderos, Glenn (1984) midió incrementos continuos en la tasa de crecimiento hasta niveles de radiación incidente de 500 Cal.m⁻².día⁻¹, mientras que Mattei *et al.*, (1973) observaron en parcelas a campo que el mayor ritmo de producción de materia seca ocurría a un nivel intermedio de 150 Cal.m⁻².día⁻¹.

La temperatura aparece como el principal factor regulador del crecimiento durante los estadios iniciales del cultivo. Su relación con la tasa de crecimiento resulta lineal en esta etapa, bajo condiciones de radiación constante y elevada (Scaife, 1973). Bajo condiciones de campo, la radiación determina la tasa de producción de biomasa desde la emergencia del cultivo hasta el 100 % de cobertura del suelo por el canopeo, en tanto que la temperatura del aire controla el desarrollo del área foliar, acelerando la tasa de aparición de hojas y el ritmo de expansión foliar (Lorenz y Wiebe, 1980), determinando de esta forma la superficie foliar capaz de interceptar la radiación fotosintéticamente activa.

El nitrógeno es el macronutriente de mayor influencia en la producción de biomasa por el cultivo. Las curvas de absorción de nitrógeno indican que el 70 % del total es absorbido durante las últimas tres semanas previas a su cosecha (Zink y Yamaguchi, 1962), lo cual coincide con la evolución de la curva correspondiente a la tasa de crecimiento del cultivo. Por otra parte, el nitrógeno es un nutriente fácilmente lixiviado por el agua de irrigación, por lo que las aplicaciones de este nutriente deben realizarse durante el cultivo (Wien, 1997). Las recomendaciones sobre dosis de aplicación en diferentes trabajos suelen ser específicas para las condiciones de cada experiencia. A modo de ejemplo, Sorensen *et al.*, (1994), trabajando con una serie de dosis de aplicación de 50 a 200 kg N.ha⁻¹, hallaron el rendimiento óptimo con 150 kg N.ha⁻¹, aunque con pequeñas diferencias con respecto a 100 y 200 kg N.ha⁻¹. Estos autores informaron además que no sólo el rendimiento, sino la calidad nutritiva y comercial fueron afectadas por la disponibilidad de nitrógeno.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de los factores radiación y temperatura sobre el patrón de crecimiento de un cultivar de lechuga de hojas sueltas y su interacción con la nutrición nitrogenada para la determinación del rendimiento, bajo condiciones de campo. Para ello se realizó un ensayo a campo en dos épocas de siembra, combinando diferentes niveles de radiación incidente con dos dosis de aplicación de nitrógeno durante el ciclo del cultivo, bajo la forma de urea.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental La Lomada de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires (Latitud 34° 48', Longitud 58° 31') entre los meses de mayo y noviembre de 1999. Se utilizó el cultivar de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de hojas sueltas Grand Rapids TBR.

Para ambas épocas de cultivo se utilizaron plantines producidos en invernadero sobre bandejas plásticas, los cuales fueron trasplantados al estado de dos hojas verdaderas totalmente expandidas a los 35 y 23 días desde la siembra para la primera y segunda época, respectivamente. El trasplante se realizó sobre un Argiudol Típico conteniendo 0,155 % de nitrógeno total, 66,9 ppm de fósforo extractable y 14 ppm de nitratos medidos con 19 % de humedad. Los plantines se dispusieron en canchales de 1 m de ancho sobre elevados 0,1 m, a razón de 7 plantas por metro, en líneas distanciadas 0,2 m.

Épocas de Siembra: Se utilizaron dos épocas de siembra, una invernal y una primaveral, a fin de estudiar el efecto de la temperatura. Las fechas de siembra en invernadero tuvieron lugar el 19/05/99 para la invernal y el 16/09/99 para la primaveral (hemisferio sur), mientras que el trasplante a campo se realizó el 23/06/99 en el primer caso y el 9/10/99 en el segundo. Ambas fechas de trasplante estuvieron separadas por 1072,5 C-día entre sí, considerando una temperatura base para lechuga de 3 °C (Dapigny *et al.*, 1997). En las Tablas 1a y 1b figuran los datos climáticos correspondientes a cada época de cultivo.

Tabla 1
Datos meteorológicos (a) invierno, (b) primavera

(a)		Invierno										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Temperatura (°C)	Máxima	13,9	13,4	14,3	10,4	17,7	19,4	18,3	12,9	16,8	19,5	18,4
	Mínima	7,8	1,5	9	2,9	5,2	5,2	5,9	1,9	8,8	7,6	9,7
Humedad relativa (%)	Máxima	88	90	88	88	90	89	87	90	87	88	86
	Mínima	67	55	75	65	53	44	48	50	59	52	52
Heliofanía efectiva (hs. día ⁻¹)		6,6	6,1	2	6,7	4,6	3,8	-	-	-	-	-
Radiación global (Ly.día ⁻¹)		213,2	204,5	118,8	231,4	190	224,3	-	-	-	-	-

(b)		Primavera					
		1	2	3	4	5	6
Temperatura (C)	Máxima	21	23,2	23,2	21,2	25,1	23,7
	Mínima	13,2	11,5	12,7	13,3	16	11,8
Humedad relativa (%)	Máxima	90	91	90	91	90	90
	Mínima	59	54	53	65	62	51
Heliofanía efectiva (hs. día⁻¹)		4,9	8	6,7	4,7	7,7	–
Radiación global (Ly.día⁻¹)		338,1	464	426,3	358,2	482	–

(–) Datos no presentados

Tratamientos de radiación: En la primera época de siembra se ensayaron tres niveles de radiación desde el trasplante: R₁, donde se utilizó un túnel de malla plástica con una capacidad de atenuación de la radiación incidente de 65 %; R₂, con una atenuación de 35 %, y R₃, donde no se practicó el sombreado. En cambio, en la segunda época de siembra no se utilizó el túnel de malla plástica debido a que las mayores temperaturas primaverales generarían amplias diferencias térmicas sobre el canopeo, resultando aún más dificultoso distinguir entre el efecto provocado por el nivel de radiación y la temperatura.

Tratamientos de fertilización: En ambas fechas de siembra se realizaron tres tratamientos de fertilización (microparcels): aplicándose 0, 75 y 150 kg N.ha⁻¹. Las aplicaciones tuvieron lugar cuando el cultivo cubría el 60 % del espacio entre surcos, lo cual corresponde a los 49 y 19 días desde el trasplante para la primera y segunda época de cultivo, respectivamente. El fertilizante utilizado fue urea, aplicado al voleo e incorporado manualmente.

En ambas épocas se utilizó un diseño en parcelas divididas, considerando como factor principal al nivel de radiación, dentro de cada cual se aleatorizaron los tratamientos de fertilización en cuatro bloques. Cada microparcels fue utilizada como una unidad experimental. El ensayo fue conducido de manera similar a un cultivo comercial.

Muestreo y procesamiento del material: A los 72-79 días desde el trasplante en la primera fecha y a los 42-44 en la segunda, se realizó la cosecha de las tres hileras centrales de cada parcela para la determinación del rendimiento. Se pesaron sólo las plantas comercializables, una vez que las hojas externas en mal estado y la base de los tallos fueron cortadas. Se tomó una muestra de 5 plantas de cada unidad experimental, a las cuales se les determinó área foliar (AF), peso fresco total (PFT) y peso seco total (PST), luego de secarlas en estufa con circulación de aire, a 70 °C durante 72 hs. Para tres plantas de cada unidad experimental se determinó en forma separada el peso fresco de hojas (PFH) y de tallo (PFTal). Las mismas determinaciones se realizaron en seco (PSH, PSTal) y se calculó el contenido porcentual de materia seca (MS %).

Análisis del crecimiento: Se emplearon los procedimientos y cálculos propuestos por Hunt (1978, 1982) para el procesamiento de los datos obtenidos al trasplante y a la cosecha. Se calcularon mediante relaciones simples la proporción en peso de hojas (PPH=PSH/PST), de tallo (PPTal=PSTal/PST), la proporción areal de hojas (PAH=AF/PST) y el área foliar específica (AFE=AF/PSH). Se integró la superficie fotosintéticamente activa presente en la planta en los diferentes muestreos para estimar la duración del área fo-

liar (DAF). La tasa relativa de crecimiento (TCR) fue calculada tanto en relación a la materia fresca como a la materia seca, mediante la aplicación de la fórmula $(\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1)$; siendo P_2 y P_1 los valores de materia fresca y seca respectivos a los tiempos t_2 y t_1 (Venus y Causton, 1979). Mediante un procedimiento análogo se calculó la tasa de expansión foliar en términos absolutos (TEFa) y relativos (TEFr). La tasa de asimilación neta (TAN) desde el trasplante a la cosecha se calculó mediante dos procedimientos: en base a los datos de TCR obtenidos, utilizando la relación: (i) $TANd (g.cm^{-2}.día^{-1}) = TCR/PAH$ (Evans, 1972), y aplicando la fórmula de cálculo propuesta por Hunt (1982): (ii) $TANf (g.cm^{-2}.día^{-1}) = (PST_{final}/AF_{final} - PST_{inicial}/AF_{inicial}) / (t - t_0) / ddT$, donde (iii) $\alpha = (\ln PST_{final} - \ln PST_{inicial}) / (\ln AF_{final} - \ln AF_{inicial})$ y ddT son los días desde el trasplante a la cosecha. Luego se realizó un análisis de regresión simple entre los valores de TAN obtenidos por ambos métodos. En todos los casos los datos fueron sometidos a análisis de varianza, utilizándose el test de Tukey al 5 % para la diferenciación entre medias de tratamientos.

RESULTADOS

Efecto del nivel de radiación

La tasa relativa de crecimiento disminuyó significativamente sólo con el nivel R_1 de radiación, independientemente del nivel de fertilización. En las parcelas sin sombrear R_3 la aplicación de N aumentó la TCR, sin registrarse diferencias significativas entre las dosis de 75 y 150 kg N.ha⁻¹. Para los tratamientos R_1 y R_2 , tampoco se comprobaron diferencias significativas a ningún nivel de fertilización (Fig. 1a).

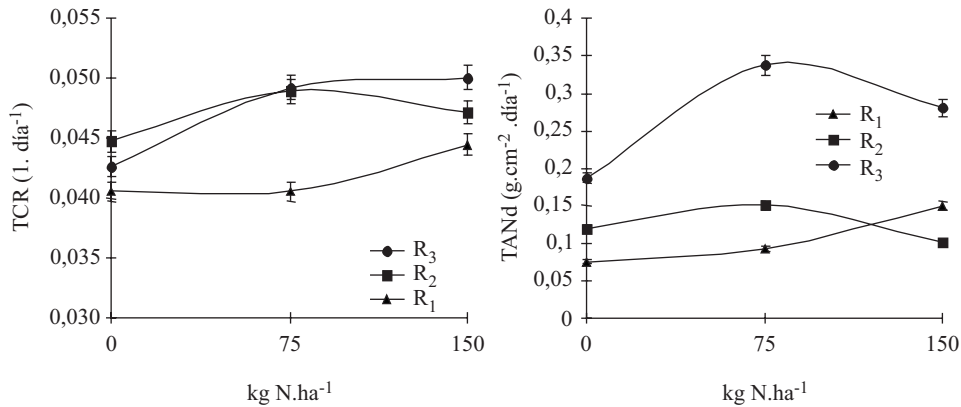


Fig. 1.—(a) TCR: Tasa de crecimiento relativa (l.día⁻¹) y (b) TANd: Tasa de asimilación neta (g.cm⁻².día⁻¹) en cultivo invernal. R₁: 65 % de sombreado, R₂: 35 % de sombreado, R₃: sin sombreado

La tasa de asimilación neta ponderada a través de todo el ciclo del cultivo (TANd) se redujo al disminuir el nivel de radiación incidente (Fig. 1b). La misma fue calculada (TANf) mediante la expresión (ii), resultando valores que mantienen la tendencia previamente observada. El grado de relación entre ambas formas de estimación de la TAN resultó muy aproximado ($r^2=0,9846$), aunque es evidente que el valor obtenido por fórmula tiende a subestimar esta variable, en relación con lo obtenido mediante el procesamiento de los datos.

El área foliar alcanzada por el cultivo a la cosecha (AF), así como su duración a través del ciclo (DAF) y la tasa de expansión del área foliar tanto en términos absolutos (TEFa) como relativos (TEFr), se vieron incrementados significativamente en los tratamientos de fertilización N₃ para todos los niveles de sombreado. La aplicación de 75 kg N.ha⁻¹ sólo aumentó la DAF y la TEFr con respecto al testigo sin fertilizar en las parcelas correspondientes al nivel R₃ de radiación. El área foliar por unidad de peso seco (PAH), así como el área foliar específica (AFE), no fueron afectadas por la fertilización. La atenuación del nivel de radiación, en cambio, produjo un incremento en estas variables y también en el AF final y en su duración (DAF), sin que existan diferencias significativas entre los dos niveles de sombreado para estas dos últimas variables (Tabla 2).

Tabla 2

Área foliar (AF), duración del área foliar (DAF), tasa de expansión foliar absoluta (TEFa) y área foliar específica (AFE) en cultivo invernadero

Tratamiento		AF (cm ²)	DAF (cm ²)	TEFa (cm ² .día ⁻¹)	AFE (cm ² .g ⁻¹)
Radiación	(kg N.ha ⁻¹)				
R ₁	0	1552,0 b	41442 b	19,73 b	631,2 a
	75	1362,4 b	37923 b	17,09 b	581,5 a
	150	1891,5 a	60702 a	22,27 a	595,2 a
R ₂	0	1727,9 b	44652 b	22,17 b	578,8 a
	75	1763,8 b	45293 b	22,67 b	398,1 a
	150	2141,8 a	51893 a	27,92 a	537,8 a
R ₃	0	1048,5 b	31780 b	12,73 b	363,9 a
	75	1168,4 b	39512 a	13,44 b	245,7 a
	150	1589,7 a	42149 a	20,25 a	327,8 a

Comparación entre niveles de radiación
Significancia

* * * *

Promedios seguidos de igual letra, dentro de cada nivel de radiación, no difieren significativamente (Tukey $p<0,05$). Comparación entre niveles de radiación según Tukey: (*) $p<0,05$, (ns) no significativo, R₁: 65 % de sombreado, R₂: 35 % de sombreado, R₃: sin sombreado

Las plantas cultivadas bajo el nivel R₁ alcanzaron un peso fresco final significativamente menor que las correspondientes a R₂ y R₃. Esta tendencia también fue observada para el PST. El peso fresco individual que las plantas alcanzaron a la cosecha no fue sig-

nificativamente afectado por la fertilización nitrogenada en las parcelas que recibieron el nivel R₁ de radiación, aunque sí lo fue en las restantes, donde no se detectaron diferencias entre las dosis de 75 y 150 kg N.ha⁻¹. En cambio, el PST sólo respondió a la fertilización nitrogenada en las parcelas R₃, incrementándose significativamente con las dosis más altas (Tabla 3).

Tabla 3

Peso fresco total (PFT), peso seco total (PST) y proporción en peso de hojas (PPH) en cultivo invernial

Tratamiento		PFT (g)	PST (g)	PPH
Radiación	(kg N.ha ⁻¹)			
R ₁	0	58,9 a	2,826 a	0,907 a
	75	82,0 a	3,249 a	0,898 a
	150	78,2 a	2,935 a	0,886 a
R ₂	0	84,1 b	4,261 a	0,915 a
	75	130,4 a	5,239 a	0,915 a
	150	121,6 a	4,523 a	0,906 a
R ₃	0	70,7 b	3,891 b	0,914 a
	75	109,8 a	5,262 a	0,931 a
	150	113,2 a	5,371 a	0,914 a
Comparación entre niveles de radiación				
Significancia		*	*	*

Promedios seguidos de igual letra, dentro de cada nivel de radiación, no difieren significativamente (Tukey $p < 0,05$). Comparación entre niveles de radiación según Tukey: (*) $p < 0,05$, (ns) no significativo, R₁: 65 % de sombreado, R₂: 35 % de sombreado, R₃: sin sombreado

El análisis de los componentes del peso seco muestra que la fertilización no afectó a la proporción de tallo y hojas, aunque sí lo hizo el sombreado. La proporción en peso de hojas disminuyó significativamente al reducirse el nivel de radiación (Tabla 3), aumentando en forma complementaria la participación del tallo en el peso seco total. El contenido de MS % de la biomasa aérea disminuyó con la fertilización y con el sombreado, no existiendo diferencias significativas entre los niveles más altos de fertilización ni entre los tratamientos R₁ y R₂ de radiación.

Efecto de la época de siembra

Los resultados obtenidos en la segunda época de siembra (primaveral) fueron comparados con los correspondientes a las parcelas R₃ de la primera época (invernial), para los tres niveles de fertilización 0, 75 y 150 kg N.ha⁻¹. En la Tabla 4 figuran los valores obtenidos en ambas fechas para las variables medidas de mayor interés.

Tabla 4
Tasa de crecimiento relativa (TCR), porcentual de materia seca (MS %) y
proporción en peso de tallo (PPT) para siembra invernal y primaveral

Época de cultivo	Fertilización (kg N.ha ⁻¹)	TCR (1.día ⁻¹)	MS % (%)	PPTal
Invierno	0	0,0427 b	5,50 a	0,086 a
	75	0,0492 a	4,79 b	0,069 a
	150	0,0500 a	4,74 b	0,086 a
Primavera	0	0,1310 a	3,50 a	0,153 a
	75	0,1300 a	3,11 a	0,166 a
	150	0,1270 a	3,18 a	0,174 a
Comparación entre épocas de cultivo				
Significancia		*	*	*

Promedios seguidos de igual letra, dentro de época de siembra, no difieren significativamente (Tukey $p < 0,05$). Comparación entre distintas épocas de cultivo según Tukey: (*) $p < 0,05$, (ns) no significativo

El incremento en la disponibilidad de N por fertilización, con ambas dosis, aumentó significativamente la TCR durante la primer época de cultivo, aunque no tuvo efectos sobre esta variable durante la segunda. La TCR promedio medida para todos los tratamiento de fertilización durante la primer época fue 63 % inferior a la registrada durante la segunda.

Como consecuencia del comportamiento de la TCR, el peso fresco individual a la cosecha de las plantas cultivadas durante el ciclo invernal resultó en promedio 32,8 % inferior al de las plantas cultivadas en primavera y demoraron un mes más en alcanzar un tamaño comercializable. La fertilización, independientemente de la dosis empleada, incrementó significativamente esta variable en ambas épocas de siembra. El PST en ambas épocas mostró valores similares y siguió la misma tendencia con respecto a la fertilización. La participación del tallo en la biomasa aérea fue 102 % mayor en la segunda época respecto de la primera, y no fue significativamente afectada por la fertilización nitrogenada.

El contenido de MS % de las plantas cultivadas durante la época invernal fue en promedio 53,6 % superior al de las de segunda época. Esta variable disminuyó con la fertilización nitrogenada aunque lo hizo en mayor proporción en la primera época de cultivo. Los análisis de regresión simple para la relación entre MS % y el nivel de fertilización arrojaron coeficientes r^2 de 0,799 y 0,644 para la primera y segunda época de cultivo, respectivamente. Tal efecto fue provocado por igual con ambas dosis de N, aunque sólo fue de significancia estadística en el ciclo invernal.

DISCUSIÓN

El efecto general del sombreado sobre el aparato fotosintético fue un incremento de la «foliosidad», lo cual es evidente al observar los valores del área foliar, de su duración y,

especialmente, del área foliar específica (Tabla 2). Menores niveles de radiación incidente condujeron a la producción de hojas con una mayor superficie por unidad de biomasa y, de acuerdo con una apreciación visual del color de las plantas (aspecto etiolado), con una evidente disminución en su contenido de clorofila.

De esta forma, puede inferirse que el nivel de radiación actúa sobre la tasa de crecimiento controlando la tasa de asimilación neta, o ritmo fotosintético. En cambio, el nivel nutricional bajo las condiciones de este ensayo, y la temperatura, de acuerdo con lo observado por otros autores (Lorenz y Wiebe, 1980; Wurr y Fellows, 1991), ejercen su acción principalmente sobre el desarrollo de la superficie fotosintetizante.

La nutrición nitrogenada afectó al desarrollo de la estructura foliar como consecuencia de su efecto sobre las variables de crecimiento, pero no modificó el área foliar por unidad de masa (Tabla 2). Su contribución al rendimiento sólo pudo observarse para las parcelas sin sombrear, en ambas fechas de siembra (Tabla 4). En las parcelas R_2 , las diferencias observadas en el PFT entre plantas fertilizadas y sin fertilizar sólo se debieron al mayor contenido hídrico de las primeras, por cuanto no se registraron diferencias en el PST (Tabla 3). Esta relación inversa entre el nivel de aplicación de nitrógeno y el MS % concuerda con observaciones previas (Tittonell *et al.*, 2000) para este tipo de cultivares de lechuga.

Los rendimientos obtenidos, presentados como peso fresco final de plantas de tamaño comercializable, responden al comportamiento de las variables de crecimiento. Para la primera época de siembra se observó una disminución del PFT sólo cuando la radiación fue atenuada 65 % (R_1) (Tabla 4). En la segunda época de siembra se obtuvieron plantas con menor contenido de MS % y con mayor participación del tallo en la biomasa aérea como consecuencia de un acortamiento de la etapa vegetativa (De Grazia *et al.*, 1998).

La aplicación de mallas plásticas que permitieran atenuar la radiación incidente condujeron, a su vez, a una leve disminución de la temperatura a nivel del canopeo, resultando dificultoso discernir si la temperatura tiene un mayor control sobre la tasa de crecimiento que la radiación, tal como lo afirman otros autores (Cracker y Seibert, 1983; Knight y Mitchell, 1983a, 1988; Wien, 1997). No obstante, el control térmico sobre la tasa de producción de biomasa se evidencia en los mayores ritmos de crecimiento que fueron registrados durante la segunda época de cultivo (Tabla 4) bajo condiciones de temperaturas, aunque también de radiación, más elevadas.

Sin embargo, la ausencia de signos visuales que evidencien diferencias en el contenido de clorofila entre plantas no sombreadas producidas en ambas fechas de siembra, y considerando que en nuestra zona de producción los niveles de radiación incidente durante la época invernal superan ampliamente el nivel de saturación lumínica para el proceso fotosintético de especies con síndrome C3, demostró que las diferencias en la tasa de crecimiento observadas entre ambas épocas de cultivo son debidas al efecto de la temperatura (Knight y Mitchell, 1983b, Wien, 1997).

CONCLUSIONES

La radiación aparece como el principal factor limitante del crecimiento durante la época invernal, en la cual no se registraron grandes diferencias de temperatura entre los niveles de radiación evaluados.

El efecto del nivel de fertilización nitrogenada sobre la tasa de producción de biomasa sólo pudo expresarse en ausencia de las limitaciones impuestas por el nivel de radiación recibido por el cultivo.

En los tratamientos sin sombrear para ambas épocas de siembra, y desde una óptica económica y ambiental, no se recomienda superar la dosis de 75 kg N.ha⁻¹ al fertilizar cultivos de lechuga de hojas sueltas a campo, por cuanto el rendimiento no se incrementa significativamente con un mayor nivel de aplicación.

SUMMARY

Effects of sowing date, radiation and nitrogen nutrition on growth pattern and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) crop

The effect of light radiation and temperature on growth patterns of a leafy lettuce cultivar and their interaction with fertilisation were evaluated by carrying out trials which combined three shade levels (65 %, 35 % y 0 %) with three fertilisation rates (0, 75 and 150 kg N.ha⁻¹) in a winter sowing date. The same fertilisation rates were applied to an unshaded crop sown in spring. Growth rate, yield and quality traits of lettuce were measured. The results showed that the radiation level was the most important factor controlling growth in lettuce crops whereas the effect of N fertilisation was only observed in those treatments in which light intensity was not a limiting factor. Our results also indicated that N fertilisation rates higher than 75 kg N.ha⁻¹ do not provide any significant benefit to leafy lettuce crops under open field conditions neither in winter nor in spring sowing dates.

KEY WORDS: *Lactuca sativa* L.
Fertilisation
Light intensity
Shade
Temperature
Nitrogen

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUMM I., SCHENK M., GYSI C., 1993. Influence of nitrogen supply on the occurrence of calcium deficiency in field grown lettuce. Workshop on ecological aspects of vegetable fertilization in integrated crop production in the field. Wädenswil, Switzerland. *Acta Horticulturae* 339, 125-136.
- CRACKER L.E., SEIBERT M., 1983. Light and the development of «Grand Rapids» lettuce. *Canadian Journal of Plant Science* 63, 277-281.
- CUSTIC M., POLJAK M., COSIC T., BABIK I., RUMPEL J., 1994. Nitrate content in leafy vegetables as related to nitrogen fertilization in Croatia. 7th International symposium on timing field production of vegetables. Skierniewice, Poland. *Acta Horticulturae* 371, 407-412.
- DAPOIGNY L., FLEURY A., ROBIN P., 1997. Relation entre la vitesse relative de croissance et la teneur en azote chez la laitue (*Lactuca sativa* L.). *Effets du rayonnement et de la température. Agronomie* 17, 35-41.
- DAPOIGNY L., ROBIN P., RAYNAL-LACROIX C., FLEURY A., 1996. Relation entre la vitesse relative de croissance et la teneur en azote chez la laitue (*Lactuca sativa* L.). *Effets de l'ombrage et du niveau de l'alimentation minérale. Agronomie* 16, 529-539.
- DE GRAZIA J., TITTONELL P.A., CHIESA A., 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Acumulación de materia seca y rendimiento en plantas comercializables. *Actas del XXI Congreso Argentino de Horticultura*. San Pedro, Buenos Aires, Argentina. p. 131.
- EVANS, G.C., 1972. *The quantitative analysis of plant growth*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 734 pp.
- GLENN E.P., 1984. Seasonal effects of radiation and temperature of greenhouse lettuce in a high insolation desert environment. *Scientia Horticulturae* 22, 9-21.

- HUNT R., 1978. Plant growth analysis. Edward Arnold, London. 67 pp.
- HUNT R., 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold, London. 248 pp.
- KNIGHT S.L., MITCHELL C.A., 1983a. Enhancement of lettuce yield by manipulation of light and nitrogen nutrition. Journal of the American Society of Horticultural Science 108, 750-754.
- KNIGHT S.L., MITCHELL C.A., 1983b. Stimulation of lettuce productivity by manipulation of diurnal temperature and light. HortScience 18, 462-463.
- KNIGHT S.L., MITCHELL C.A., 1988. Effect of incandescent radiation on photosynthesis, growth rate and yield of «Waldmann's Green» leaf lettuce. Scientia Horticulturae 35, 37-49.
- LEJA M., ROZEK S., MYCZKOWSKI J., 1994. The effect of fertilization with different forms of nitrogen on greenhouse lettuce quality and its changes during storage. III. Phenolic metabolism. Folia Horticulturae 6, 63-72.
- LORENZ H.P., WIEBE H.J., 1980. Effect of temperature on photosynthesis of lettuce adapted to different light and temperature conditions. Scientia Horticulturae 13, 115-123.
- MATTEI F., SEBASTIANI A.L., GIBBON D., 1973. The effect of radiant energy on growth of *Lactuca sativa* L. Journal of Horticultural Science 48, 311-313.
- ROZEK S., LEJA M., MYCZKOWSKI J., MARECZSK A., 1994a. The effect of fertilization with different forms of nitrogen on greenhouse lettuce quality and its changes during storage. I. Content of certain nutritive compounds. Folia Horticulturae 6, 41-51.
- ROZEK S., SADY W., LEJA M., MYCZKOWSKI J., 1994b. The effect of fertilization with different forms of nitrogen on greenhouse lettuce quality and its changes during storage. II. Nitrate and nitrite content. Folia Horticulturae 6, 53-62.
- SCAIFE M.A., 1973. The early growth of six lettuce cultivars as affected by temperature. Annals of Applied Biology 74, 119-128.
- SORENSEN J., JOHANSEN A., POULSEN N., 1994. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce: 1. Marketable and nutritional quality as affected by nitrogen supply, cultivar and plant age. Plant-Foods for Human Nutrition 46, 1-11.
- TITTONELL P.A., DE GRAZIA J., CHIESA A., 2000. Effect of N fertilization and plant population during growth on lettuce (*Lactuca sativa* L.) postharvest quality. 4th International Conference on Postharvest Science. Jerusalem, Israel. p. 77.
- VENUS J.C., CAUSTON D.R., 1979. Plant growth analysis: a re-examination of the methods of calculation of relative growth and net assimilation rates without using fitted functions. Ann. Bot. 43, 633-638.
- WIEN H.C., 1997. Lettuce. En: The physiology of vegetable crops. CAB International. Ed. H.C. Wien, Oxon, UK. pp. 479-509.
- WURR D.C.E., FELLOWS J.R., 1991. The influence of solar radiation and temperature on the head weight of crisp lettuce. Journal of Horticultural Science 66, 183-190.
- WURR D.C.E., FELLOWS J.R., MORRIS G.E.L., 1981. Studies of the hearting of butterhead lettuce: temperature effects. Journal of Horticultural Science 56, 211-218.
- ZINK F.W., YAMAGUCHI M., 1962. Studies on the growth rate and nutrient absorption of head lettuce. Hilgardia 32, 471-485.