

COMPARACION DE 2 VARIETADES Y 1 LINEA DE LECHUGA (Lactuca  
sativa L.) A 2 DIFERENTES NIVELES DE BIOXIDO DE CARBONO  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

TESIS

Sometida a la consideración de la  
Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Carlos Alonso Rivera Orduño.

Como requisito parcial para obtener  
el título de Ingeniero Agrónomo.

Noviembre de 1972.

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos  
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
MATERIAL Y METODOS.....	8
RESULTADOS.....	15
DISCUSION.....	18
RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	19
BIBLIOGRAFIA.....	22

## INDICE DE CUADROS

		Pag.
Cuadro 1.	Temperaturas y por ciento de humedad relativa dadas en promedio mensual en el transcurso del experimento en los invernaderos 3 y 4.....	9
Cuadro 2.	Concentración de los elementos de la solución nutriente O'Leary (ppm.).....	12
Cuadro 3.	Prueba de significación para las variedades.....	15
Cuadro 4.	Prueba de Duncan para la interacción variedades/niveles de CO <sub>2</sub> .....	15
Cuadro 5.	Totales de producción expresados en Kgs. de las variedades y la línea bajo los 2 tratamientos.....	16
Cuadro 6.	Cantidad de nutrientes aplicados durante el transcurso del experimento en cada una de las soluciones usadas (ingrediente activo).....	17

## INTRODUCCION

El constante aumento de población en el mundo, ha provocado escasez de productos alimenticios, por lo que el hombre se ve en la necesidad de explotar aquellas regiones que antes no se consideraban productivas; tal es el caso de las áreas desértico-costeras que cuentan con suelos arenosos y agua de mar.

Con el uso del sistema de desalación del agua de mar y la construcción de invernaderos de plástico inflados a presión de aire, con ambiente controlado donde, se pueden regular las condiciones de luminosidad, temperatura, humedad, control de plagas y enfermedades, se pueden producir cultivos intensivos que en el futuro ayuden a resolver el problema alimenticio.

En la Unidad Experimental Peñasco, en el año de 1963, se iniciaron los trabajos de investigación instalando una planta piloto desaladora de agua de mar, con el fin de obtener agua potable. Desde un principio, se obtuvieron magníficos resultados en cuanto a la calidad del agua (10-40 ppm. de sólidos totales disueltos), continuándose dichos trabajos hasta la fecha bajo diferentes sistemas de producción, pero siempre con la finalidad de producir mayores volúmenes al menor costo posible. El agua producida se ha venido utilizando para el consumo humano y para regar cultivos agrícolas. Todo esto como parte de un programa integral para la producción de agua, energía eléctrica y ali-

mentos en zonas desértico-costeras (5).

Con este ambiente controlado, en los invernaderos se puede aumentar la concentración de bióxido de carbono, el cual es primordial en la fotosíntesis. Se sabe que este compuesto aumenta considerablemente la producción y siendo la lechuga uno de los cultivos de ciclo más corto y el que más se adapta a esta clase de experimentos, se realizó este trabajo con la finalidad de comparar 2 variedades y 1 línea de lechuga a dos diferentes niveles de bióxido de carbono, uno de 200 ppm. que es un poco más bajo que el normal (300 ppm.) y el otro de 500 ppm.

## LITERATURA REVISADA

La lechuga pertenece a la familia Compositae, tribu Cichorieae y corresponde a Lactuca sativa L. El tipo de hoja suelta es de la variedad botánica crispa y el de cabeza de la variedad capitata (1).

La lechuga es un cultivo antiguo; existen pinturas de una forma de lechuga que datan del año 4,500 a.c. en tumbas de Egipto y ya se le conocía bien 500 años a.c.; probablemente se originó en el Asia Menor (1).

Esta hortaliza es típica de clima fresco; en los trópicos se le encuentra en las elevaciones, con clima templado y húmedo lo que favorece su desarrollo. En otros lugares se siembra a menor altitud, pero donde las temperaturas medias mensuales casi nunca son mayores de 21°C. Las temperaturas altas aceleran el desarrollo del tallo floral y la calidad de la lechuga se deteriora rápidamente con el calor debido a una rápida acumulación de látex amargo en las nervaduras (1).

La temperatura media mensual óptima para el desarrollo de la parte aérea de la planta es de 15 a 18°C, con máximas de 21 a 24°C y mínimas de 7°C (1).

Los primeros trabajos sobre el aumento de la concentración de bióxido de carbono, se realizaron en el norte de Europa en el año de 1902 (9), en donde el nivel más alto fue de 1,100 ppm., el cual fue obtenido de cilindros, observándose que las plantas mostraron un enrollamiento de

las hojas, inhibición de la floración y eliminación de yemas florales, concluyéndose que cuando se aumenta de 2 ó 3 veces el nivel normal de bióxido de carbono, resulta una rápida destrucción de todas las partes de la planta al empezar la floración. Estos resultados negativos, sin embargo, fueron atribuidos más tarde a impurezas en el bióxido de carbono que se utilizó. Después en varios experimentos, al aumentar la concentración de bióxido de carbono hasta 1500 ppm. se logró un aumento de 160% en la producción.

Los primeros trabajos en EE.UU. se hicieron en 1909, por un período de 9 años en los cuales encontraron un aumento favorable en la producción de varios cultivos como papa, lechuga, flores, fresa, tomate y pepino (9).

Wittwer y Robb (9) compararon un medio ambiente en el cual tenían de 250 a 500 ppm. de  $\text{CO}_2$  con otro de 800 a 2000 ppm. usando lechuga, tomate y papa encontrando un aumento de un 50% en la producción.

En la Unidad Experimental Peñasco, en donde se desarrolló este trabajo, los niveles de bióxido de carbono pueden llegar a bajar hasta 150 ppm. durante el día, debido a la actividad fotosintética de las plantas y a que el intercambio de aire por medio de abanicos se lleva a efecto cada 20 minutos. Un nivel de 150 ppm. se puede considerar bajo, lo cual puede llegar a presentar una reducción de la fotosíntesis y por lo tanto un mal desarrollo. La concentración exterior en Puerto Peñasco es de 320 ppm. (4).

Eisa, H.M. (2) considera el valor del bióxido de carbono

no en dos grandes grupos. El enriquecimiento puede ser empleado para mantener los niveles iguales a los del ambiente (320 ppm.), para prevenir reducciones en la relación fotosintética de los cultivos. Más importante, desde luego, es el hecho de que puede ser usado para aumentar los niveles arriba de los del ambiente y consecuentemente incrementar la producción.

Riley y Hodges (8) han estado trabajando con varios cultivos, encontrando un considerable aumento en la producción al subir la concentración de bióxido de carbono, hasta llegar a un punto máximo, después del cual la producción baja. En el frijol soya con 2400 ppm. se han logrado rendimientos de 8 veces más que a un nivel de 300 ppm. y encontraron que el punto máximo se localiza cerca de 1200 ppm. ya que al aumentar la concentración la producción fue menor. La finalidad de sus experimentos ha sido determinar la óptima concentración de bióxido de carbono para cada planta. Los resultados muestran que la óptima concentración es una función del microclima de cada cultivo, especialmente del grado de turbulencia de la superficie de la hoja. "El efecto de orilla", es un incremento en el desarrollo, normalmente atribuido a la intensidad lumínica recibida por las plantas en los límites de los lotes y es también una función de la alta efectividad de la concentración del bióxido de carbono ya que en esa parte es mayor la ventilación.

Enoch, Irene y Samish (3), realizaron un experimento

en lechuga, chile y pepino, donde aumentaban la concentración del bióxido de carbono durante ciertas horas del día, cuando la ventilación no era necesaria; se sembró en túneles de plástico y el trabajo duró 498 horas. Durante 61 días, la concentración de  $\text{CO}_2$  fue de 10,000 ppm. mientras que en los túneles testigo la concentración fue de 1500 a 5000 ppm. durante las primeras horas del día hasta llegar a una concentración de 100 a 150 ppm.; la máxima concentración que se obtuvo fue 1 a 2 horas antes de la salida del sol. En el cultivo del pepino las plantas se desarrollaron más rápidamente, se obtuvieron frutos más temprano y la producción se aumentó en un 45% más que en el testigo; en la lechuga se obtuvo el mismo aumento en la producción y en chile se obtuvieron más frutos y se incrementó la producción en un 20% más que en el testigo. Con este trabajo concluyeron que al aumentar la concentración de bióxido de carbono se obtenía un aumento notable en la producción y se reducía el ciclo vegetativo de los cultivos.

Jensen y Hodges (7), en el año de 1969 realizaron un trabajo en la Unidad Experimental Peñasco en el cual compararon dos variedades de pepino (Cherokee 7 y Bestseller) y 8 variedades de lechuga (Ribb head, Butter crunch, Ches-sib, Slobolt, Grand rapid, Minetto, Ithaca y Salad bowl) a dos diferentes niveles de  $\text{CO}_2$ ; uno de 1400 ppm. y otro de 250 a 300 ppm. Las variedades de pepino en el invernadero enriquecido con  $\text{CO}_2$  maduraron una semana antes que las que estaban en el ambiente normal, siendo la variedad

Bestseller la que se comportó mejor. Las variedades de le  
chuga con ambiente enriquecido, alcanzaron su madurez más  
rápido y su producción fue el doble que el testigo.

## MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la Unidad Experimental Peñasco (Puerto Peñasco, Son.) dependiente del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, contando con la cooperación técnica del "Environmental Research Laboratory" de la Universidad de Arizona, EE.UU.

La planta desaladora de agua de mar, proporcionó el agua necesaria para regar el cultivo dentro del invernadero.

La Unidad Experimental consta de 3 invernaderos con dos secciones cada uno, midiendo éstos 30.40 Mts. de largo por 7.0 Mts. de ancho. La superficie total de un invernadero es de  $426.7 \text{ Mt}^2$ ; son de plástico y están soportados por presión de aire, la cual puede ser aumentada o disminuida dependiendo de la velocidad del aire exterior. Cada invernadero, tiene dos túneles colocados cada uno en los extremos uno sirve para la entrada del personal y para el paso del aire de una sección a otra; el otro está formado por una pequeña pila la cual cubre una parte de las dos secciones, en donde por un lado hay dos abanicos que sirven para hacer circular el aire interior, y por el otro, una columna empecada de filtros de "asbesdek" por donde sale el aire impulsado por los abanicos, conteniendo de 80 a 90% de humedad relativa, proveniente ésta del agua de mar que se asperja sobre los filtros, la cual llega a los

invernaderos por medio de tuberías y se regula su entrada por una válvula cuando así se requiere. El agua de mar mantiene una temperatura constante durante los meses fríos y templados, desde finales de otoño, todo el invierno y principios de primavera aumentando un poco en verano y parte del otoño, utilizando estos principios para enfriar o calentar la atmósfera interior en los invernaderos y en esta forma, regular la temperatura (4, 5). Con este sistema, se logra un control satisfactorio de la temperatura y humedad relativa para cada invernadero.

A continuación se muestran las condiciones que prevalecieron durante el transcurso del experimento.

Cuadro 1. Temperaturas y porcentaje de humedad relativa dadas en promedio mensual en el transcurso del experimento en los invernaderos 3 y 4.

Mes	Invernadero 3°C		% Humedad Relativa
	Máxima	Mínima	
Junio	31.1	22.4	85.5
Julio	31.6	25.1	84.4

Mes	Invernadero 4°C		% Humedad Relativa
	Máxima	Mínima	
Junio	23.3	23.3	85.5
Julio	26.2	25.5	84.4

Las lecturas del % de humedad relativa se tomaron a las 6 de la mañana y a las 3 de la tarde.

Las soluciones nutritivas se prepararon en un laborato-

rio adjunto a los invernaderos, de donde se tomaron y se mezclaron diariamente con el agua de riego.

Los riegos se llevaron a cabo por un sistema de goteo, con el cual se logra una economía considerable de agua. El sistema consiste en un tanque de asbesto con una capacidad de 450 Lts. en donde se coloca el agua y las soluciones nutritivas, el tanque consta de un filtro fino; el agua se bombea por un motor de 1/4 C.F., 1725 r.p.m. con un gasto de 0.6 Lts./seg. Primeramente el agua se conduce por una manguera semiflexible y posteriormente llega a los sistemas de distribución al cultivo donde se reduce el diámetro de la manguera.

El sistema tiene una presión uniforme de .226 Kgs./cm<sup>2</sup>. y un gasto de 65 ml./min. La solución nutritiva utilizada consiste en una fórmula base de O'Leary, la cual proporciona a la planta todos los micro y macroelementos; esta fórmula consiste en una solución concentrada que se diluye en el agua de riego y consta de dos fases (6).

Fase A). Solución Macro-Micro. La solución macro se preparó utilizando los siguientes compuestos:

<u>Compuesto</u>	<u>Cantidad</u> grs.	<u>Cantidad Agua</u> Lts.
Sulfato de Magnesio (MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O)	1479.4	6
Fosfato de Potasio (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	816.6	6
Nitrato de Potasio (KNO <sub>3</sub> )	606.6	6

Los micronutrientes utilizados fueron los siguientes:

Acido Bórico ( $H_3BO_3$ )	7.50 gr.
Cloruro de Manganeso ( $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ )	6.75 gr.
Cloruro de Cobre ( $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ )	0.37 gr.
Trióxido de Molibdeno ( $MoO_3$ )	0.15 gr.
Sulfato de Zinc ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ )	1.18 gr.

Estos compuestos se diluyeron en 3 Lts. de agua.

La concentración de los elementos integrantes de la solución nutriente se da en el Cuadro 2; aquí se diluyeron 700 ml. en 100 Lts. de agua de riego.

Fase B). Solución de Nitrato de Calcio ( $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ )  
De este compuesto se utilizaron 1357.2 gr. por 6 Lts. de agua. De aquí se diluyeron 300 ml. en 100 Lts. de agua de riego durante la mayor parte del ciclo de desarrollo del cultivo. Una semana antes de terminarse este trabajo se cambió a 600 ml. en 100 Lts. de agua, por ser esta fase de desarrollo del cultivo cuando necesita más nitrógeno. Otro elemento que no se menciona en la solución es el Fe, el cual se aplicó en forma de quelato de Fierro en una dosis de 5.04 gr. de Fe-330 por 100 Lts. de agua.

Cuadro 2. Concentración de los elementos de la solución nutriente O'Leary\* (ppm.).

Elemento	Solución 700-300	Solución 700-600
N	144.00	260.00
P	62.00	62.00
K	156.00	156.00
Mg	48.00	48.00
Ca	165.00	330.00
S	64.00	64.00
Fe	5.00	5.00
B	1.00	0.40
Mn	0.40	0.02
Cu	0.02	0.09
Zn	0.09	0.50
Cl	0.50	0.50
Mo	0.30	0.30

\* Dr. James W. O'Leary. Environmental Research Laboratory. Universidad de Arizona.

Este trabajo se realizó en los invernaderos 3 y4, el primero tenía una concentración de CO<sub>2</sub> de 200 a 250 ppm. un poco más bajo que el normal (300 ppm.) y el invernadero 4 que era el que estaba enriquecido tenía una concentración de 500 ppm.

Se sembró el 27 de mayo de 1971 en almácigo, en charolas de aluminio (55x40x9 cms.) conteniendo vermiculita; germinaron el día 30, aquí crecieron y se desarrollaron

hasta alcanzar un estado apropiado para hacer el transplante, el cual se efectuó el día 14 de junio dentro del invernadero directamente en arena. Las plántulas se colocaron a una distancia entre hileras de 20 cms. y una distancia entre ellas de 20 cms.

Se estableció un diseño factorial completamente al azar, el cual estaba formado por 6 tratamientos y 6 repeticiones; cada parcela estaba formada por 5 plantas. Las variedades utilizadas fueron Grand Rapids, Minetto y la línea ERL-25. La variedad Grand Rapids es una lechuga de hoja, Minetto es de cabeza y la línea ERL-25 es también de hoja.

La superficie total ocupada fue de 10.30 Mt<sup>2</sup>., o sea de 5.15 Mt<sup>2</sup>. por cada invernadero.

Se dieron 4 riegos diariamente de 12.5 Lts. cada uno para cada invernadero; únicamente en el transplante se usó agua pura por 4 días, después se agregó la solución. Se emplearon un total de 1600 Lts. con una lámina de 31 cms. de los cuales 1250 Lts. fueron de la solución 700-300 y 350 de la solución 700-600.

Para bajar la temperatura y la intensidad luminica dentro del invernadero, se utilizó un plástico transparente al cual previamente se le pintaron bandas blancas longitudinales de 5 cms. de ancho dejando otros 5 cms. sin pintar, este plástico se colocó sobre el invernadero y en sus extremos se asperjó una mezcla de agua, cal y pegamento. La

intensidad lumínica fue de 5000 a 6000 bujías pie mientras que en el exterior fue de 12,000 (2).

El 14 de julio se cosechó la variedad Grand Rapids y el 16 del mismo mes la Minetto y la línea ERL-25.

Antes de iniciarse el trasplante (11 de junio) se aplicó Pano-Drench (Dicianamida de metilmercurio) en una dosis de 60 cc. por 100 Lts. de agua contra los hongos patógenos que ahí pudieran encontrarse.

La fuente de bióxido de carbono que se utilizó en este experimento se obtuvo de las gases de escape de la combustión de los motores que se encuentran en dicha planta, los cuales son pasados por varios filtros hasta obtenerse un compuesto libre de impurezas perjudiciales para las plantas.

## RESULTADOS

Este trabajo tuvo una duración de 51 días. Con la producción que se obtuvo se procedió a la interpretación estadística; al efectuarse el análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa, por lo que se procedió a hacer la prueba de significación para las variedades (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de Significación para las variedades.

Variedades	Totales (Kgs.)	0.05
Minetto	1.3902	a
ERL-25	1.0439	b
Grand Rapids	0.9171	b

A continuación se muestran los resultados de la interacción entre variedades y CO<sub>2</sub> (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de Duncan para la interacción variedades/niveles de CO<sub>2</sub>.

Tratamientos	Totales	$\bar{X}$	0.05
Minetto con CO <sub>2</sub>	8.503	1.417	a
Grand Rapids con CO <sub>2</sub>	6.744	1.124	b
ERL-25 con CO <sub>2</sub>	6.097	1.016	b
Minetto sin CO <sub>2</sub>	5.399	0.900	bc
ERL-25 sin CO <sub>2</sub>	4.342	0.724	c
Grand Rapids sin CO <sub>2</sub>	2.427	0.425	d

Cuadro 5. Totales de producción expresados en Kgs. de las variedades y línea bajo los 2 tratamientos.

Variedades	Con CO <sub>2</sub>	Sin CO <sub>2</sub>
Minetto	8.503	5.399
Grand Rapids	6.744	2.427
ERL-25	6.097	4.342

El 30 de junio en el invernadero No. 4, enriquecido con bióxido de carbono, las variedades Grand Rapids, Minetto y la línea ERL-25 presentaron "Tip Burn" que es una necrosis marginal, pero en mayor grado la línea ERL-25, en el invernadero 3, esta misma línea presentó poca necrosis marginal. El 6 de Julio se presentó esta necrosis en las variedades Grand Rapids y Minetto en el invernadero 3.

Cuadro 6. Cantidad de nutrientes aplicados durante el transcurso del experimento en cada una de las soluciones usadas (ingrediente activo).

Elemento	Solución 700-300 gr.	Solución 700-600 gr.	Total grs.
N	180.000	91.000	271.000
P	77.500	21.700	99.200
K	195.000	54.600	249.600
Mg	60.000	16.800	76.800
Ca	206.250	115.500	321.750
S	80.000	22.400	102.400
Fe	6.250	1.750	8.000
B	1.250	0.350	1.600
Mn	0.500	0.140	0.640
Cu	0.025	0.007	0.032
Zn	0.112	0.031	0.143
Cl	0.625	0.175	0.800
Mo	0.375	0.105	0.480

## DISCUSION

Como se observa en el Cuadro 3, la variedad Minetto fue la mejor, lo mismo en el Cuadro 4 la variedad Minetto con ambiente enriquecido con  $\text{CO}_2$  fue la que se comportó mejor. Cabe hacer mención que la variedad Minetto es una lechuga tipo de cabeza por lo cual, al compararla con las otras dos aún en la producción con  $\text{CO}_2$  normal, lógicamente resultó ser la mejor, por ser las otras tipo de hoja; la variedad Minetto se comportó igual que la Grand Rapids y la línea ERL-25 con ambiente enriquecido con  $\text{CO}_2$ , pero finalmente podemos decir que al incrementar la concentración de Bióxido de Carbono sí se aumenta considerablemente la producción, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Eisa (4), Jensen y Hodges (7) y Wittwer y Robb (9).

## BIBLIOGRAFIA

- 1) CASSERES, E. Producción de hortalizas. Herrero Hermanos, S.A. México, D.F. p. 145-157. 1970.
- 2) EISA, H.M., P.J. KYNICKY, G.N. KNECHT and J.F. PECK. Diesel exhaust: a source of CO<sub>2</sub> for greenhouse crops. University of Arizona. Environmental Research Laboratory. Tucson, Ariz. Bulletin. June 1971.
- 3) ENOCH, H., I. RYLSKI and Y. SAMISH. CO<sub>2</sub> enrichment to cucumbers, lettuce and sweet pepper plants, grown in low plastic tunnels in a subtropical climate. The Israel Jnl. of Agric. Res. 20 (2):63-69. 1970.
- 4) HODGES, C.N. Controlled-environment agriculture for coastal desert areas. University of Arizona. Institute of Atmospheric Physics. Environmental Research Laboratory. Tucson, Arizona. Bulletin. p. 24, 1969.
- 5) HODGES, C.N. and C.O. HODGES. Power, water and food for desert coasts: an integrated systems for providing them. University of Arizona. Environmental Research Laboratory. Tucson, Ariz. Bulletin. p. 5-9. 1969.
- 6) JENSEN, M.H. The use of polyethylene barriers between soil and growing medium in greenhouse vegetable production. University of Arizona. Environmental Research Laboratory. Tucson, Ariz. Bulletin. p. 15. 1970.
- 7) JENSEN, M.H. and C.N. HODGES. Carbon dioxide enrichment of greenhouse vegetables through the use of diesel exhaust gas. Progress Report to the Rockefeller Foundation on the Development of a System for the Production of Power, Water and Food in Coastal Desert Areas. Environmental Research Laboratory. The University of Ariz. p. 47-58. 1970.
- 8) RYLEY, J.J. and C.N. HODGES. Plant response to carbon dioxide enrichment: a function of the microenvironment. Environmental Research Laboratory. The University of Ariz. Tucson, Ariz. Bulletin. 1969.
- 9) WITWER, S.W. and W. ROBB. Carbon dioxide enrichment of greenhouse atmospheres for food crop production. Economic Botany. 18(1):34-52. 1964.