

INTERRELACIÓN DE CONTENIDOS

Shocrón, Alberto. Marini, Miriam.

Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N.R.

albertosh47@yahoo.com.ar marinimiriam@hotmail.com

Eje temático: 1.e

Palabras claves: radiación; área foliar;

Resumen

Con el propósito de interrelacionar y aplicar conocimientos adquiridos en Matemática y en Física, se planteó un trabajo de inicio a la investigación con alumnos de segundo año de la carrera que cursaban Taller de Integración I. Se plantearon estrategias específicas conducentes a conocer la influencia de la radiación solar en el desarrollo del área foliar del *Phaseolus vulgaris* (poroto enano). Se investigó sobre el efecto que producían, en el área foliar, distintas intensidades de radiación. En el proceso, que se llevó a cabo durante 7 semanas, se recabaron los siguientes datos: ancho y largo de las hojas, temperatura, radiación. Se confeccionaron gráficos de crecimiento. Se observó que las plantas expuestas a mayor radiación sufrieron estrés por exceso de luz; y las menos irradiadas produjeron mayor área foliar aprovechando más eficientemente la energía.

Finalmente se concluyó en refutar la hipótesis planteada que fue: “Una mayor intensidad de radiación solar provoca aumento del área foliar”.

Este trabajo articuló una cantidad de conocimiento en cuanto a matrices de datos, energía, confección e interpretación de gráficos con el fin de lograr el propósito perseguido.

Prefacio

Con el propósito de articular conocimientos adquiridos en Física y en Matemática, se planteó un trabajo de inicio a la investigación con alumnos de segundo año de la carrera de Ingeniería Agronómica de la U.N.R. que cursaban Taller de Integración I. En el primer año esos alumnos ya habían trabajado en Física los conceptos de Energía y Ondas, en particular la radiación (que fueron cuantificadas ordenadamente en este trabajo), y realizado un trabajo de laboratorio tendiente a calcular el área foliar. Las Matrices y su aplicación, como así también la elaboración de Gráficas y su interpretación, analizadas en Matemática, fueron aplicadas para organizar los datos obtenidos, realizar las curvas para inferir los resultados fundamentales y así arribar a las conclusiones logradas (apartado VI).

Introducción

Antecedentes

Efectos de la radiación solar en plantas

La radiación solar es aprovechada por las plantas para realizar la fotosíntesis que es la transformación de energía radiante en energía química.

De la radiación global incidente sobre la superficie vegetal sólo una proporción es aprovechable para la realización de la fotosíntesis: PAR (radiación fotosintéticamente activa).

La respuesta de las plantas es diferente en función de las diferentes longitudes de onda. La clorofila es el principal pigmento que absorbe la luz, esencialmente toda la luz visible es capaz de promover la fotosíntesis, pero las regiones de 400 a 500 nm y de 600 a 700 nm son las más eficaces. Así, la clorofila pura tiene una absorción muy débil a las radiaciones de entre 500 y 600 nm, los pigmentos accesorios complementan la absorción de la luz en este rango, suplementando a las clorofilas.

Según aumenta índice de área foliar (LAI) aumenta la eficiencia de la apropiación de la radiación hasta llegar a un valor máximo. A partir de ese valor máximo, variable según el cultivo y el medio, no se incrementa la interceptación de la radiación, de forma que un aumento de la superficie foliar no será beneficioso para aumentar el rendimiento.

El crecimiento del cultivo está determinado en primer lugar por la cantidad de radiación solar que puede interceptar y usar durante su vida. Un exceso de radiación raramente es un problema, siempre que estén disponibles agua y nutrientes.

Factores que regulan la fotosíntesis

A medida que aumenta la intensidad luminosa, aumenta el valor de la tasa fotosintética en forma logarítmica, hasta que se alcanza la saturación, la cual varía según las especies.

La luz muy intensa puede producir un aumento de la transpiración, y por tanto pérdida de la turgencia y cierre de estomas. Además se calientan las hojas produciendo un aumento de la respiración y, si la temperatura aumenta en exceso, puede producir que se inactiven algunas enzimas.

La fotooxidación de la clorofila o solarización, producida por iluminación intensa es consecuencia de la excitación excesiva de moléculas de clorofila que no pueden ceder electrones a la cadena transportadora, pues ésta no puede aceptar más y, como consecuencia, hay una decoloración de la clorofila.

La iluminación continua afecta a la fotosíntesis, tras varios días, por una intensidad por encima del punto de saturación; sin embargo, a intensidades por debajo del punto de saturación no hay daño aparente.

La influencia de la luz continua parece que depende de la calidad de la luz suplementaria que suele contener radiación UV.

Problema a investigar

El desarrollo foliar de las plantas tiene una conexión directa con la tasa fotosintética; un aumento en el área foliar significa un aumento en la tasa fotosintética, que se traduce en un mayor desarrollo de la misma. El trabajo propone investigar los efectos de distintas intensidades de radiación solar en el desarrollo del área foliar del poroto enano (*Phaseolus vulgaris*).

Preguntas que orientaron la investigación

¿Cómo varía el desarrollo foliar del *Phaseolus vulgaris* ante diferentes intensidades (menor, intermedia y mayor) de radiación solar?

Objetivos

Determinar cuál de los tres niveles de radiación solar tomados será más efectivo para el desarrollo del área foliar del *Phaseolus vulgaris*.

Justificación

La importancia de este estudio consiste en determinar si con una determinada intensidad solar podremos lograr un apropiado desarrollo foliar. El trabajo está orientado para productores de *Phaseolus vulgaris* en módulos de invernadero.

Hipótesis

Una mayor intensidad de radiación solar provocaría un aumento en el área foliar del *Phaseolus vulgaris*.

Formulación del marco teórico

El estudio de la fotomorfogénesis comprende todos los procesos dependientes de la luz, distintos de la fotosíntesis, que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los procesos fotomorfogénicos, jugando un papel regulador, intervienen en el control de la forma y momento de la utilización de los productos de la fotosíntesis, influyendo el tamaño, la forma y la composición de los distintos órganos, así como el momento en que algunos órganos comienzan a formarse o dejan de ser formados. A medida que se incrementa la intensidad de la luz, la tendencia general es que los ejes sean cada vez más cortos. Es frecuente también que, dentro de ciertos límites, la concentración de pigmentos sea mayor y aumente el espesor de la lámina foliar.

La respuesta del crecimiento en el área de las hojas varía según las especies y las condiciones de crecimiento. La lámina de las hojas de las cotiledóneas no se expanden en la oscuridad, una pequeña dosis de energía luminosa es suficiente para que se inicie el crecimiento. En

muchos de los casos, cuando se excede un determinado valor aumentando la intensidad de la luz, el área foliar es cada vez menor.

Conviene tener en cuenta que la exposición a distintas intensidades de luz de las hojas, además de los efectos directos sobre los procesos fotoquímicos, puede tener consecuencias indirectas a través de modificaciones en la temperatura y el ritmo transpiratorio.

Las reducciones en el área foliar a intensidades más altas de luz podrían, al menos en parte, deberse a déficit en el balance del agua.

El ritmo de producción de primordios foliares depende también de la intensidad de la luz, dentro de una variación amplia: cuanto mayor es la intensidad luminosa, mayor es el número de primordios formados.

Estrés por exceso de luz: las plantas pueden verse expuestas a condiciones de estrés por exceso de radiación, tanto ultravioleta (UV) como visible. El exceso de radiación UV provoca, fundamentalmente, mutaciones irreversibles en el material genético. Entre las adaptaciones de las plantas a este estrés se encuentra la síntesis de pigmentos flavonoides, los cuales absorben este tipo de radiación; en el caso de un exceso de radiación visible, la fotosíntesis no puede consumir toda la energía absorbida por la clorofila, con lo que hay un exceso de energía almacenada que no puede desencadenar reacciones oxidativas en los centros de reacción del aparato fotosintético. El resultado final es una reducción de la fotosíntesis y, en último término, la destrucción de los pigmentos fotosintéticos. Las adaptaciones de las plantas al exceso de radiación visible pueden encontrarse tanto a nivel morfológico como metabólico. Las adaptaciones morfológicas consisten en el movimiento de los cloroplastos dentro de las células, la posición de las hojas hace variar la superficie de exposición a la luz, el desarrollo de superficies reflectantes, el marchitamiento y enrollamiento de las hojas. Los mecanismos metabólicos se basan en la disipación de energía directamente de la clorofila, mediante el ciclo de las xantofilas, y en la eliminación de las especies activadas del oxígeno producidas en las reacciones fotooxidativas.

Metodología

A) *Diseño del objeto de estudio*

Universo de estudio: Todas las hojas de las plantas de la especie *Phaseolus vulgaris*.

Unidad de estudio: la hoja de la planta de la especie *Phaseolous vulgaris*.

Variable 1: Área foliar de *Phaseolous vulgaris*.

Definición operacional: Superficie de la hoja de la planta *Phaseolous vulgaris*.

Dimensión: cm²

Variable 2: Radiación solar.

Definición operacional: Conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol.

Dimensión: Lux = lm/m²

B) Diseño de los procedimientos

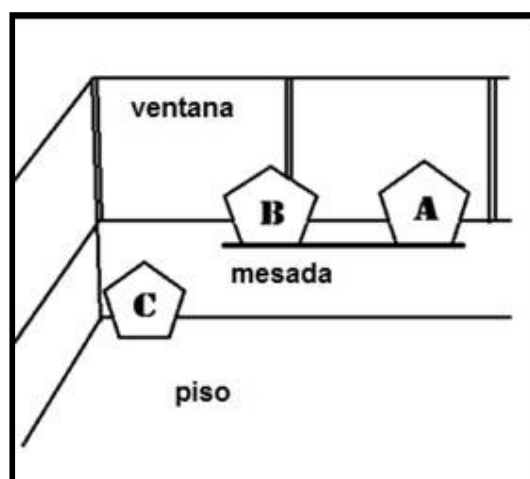
Plan de tratamiento

Se realizó un diseño experimental que consistió en cultivar plantas de *Phaseolus vulgaris*, exponiéndolas a diferentes niveles de radiación solar y midiendo el desarrollo foliar de las mismas.

El 31 de agosto se sembraron tres (3) grupos de cuatro (4) semillas en macetas plásticas de 10 cm de diámetro por 12 cm de profundidad, se colocaron en un sitio asignado dentro del invernadero. Cada uno de los 3 (tres) grupos de plantas fue sometido a diferentes niveles de radiación.

El grupo “B” fue expuesto a la radiación solar normal (valor medido dentro del invernadero). En el grupo “A” la radiación fue modificada mediante la instalación de un tejido media sombra al 80% sobre los plantines. En el grupo “C” se redujo aun más el valor de radiación solar, instalando un doble tejido media sombra al 80%.

El invernadero utilizado para el ensayo tiene paredes y techo completamente vidriados, las paredes poseen una altura de 1,90 m y el techo una altura máxima de 2,50 m. Posee un sistema de control de temperatura que la mantiene entre 20 y 35 °C.



Ubicación de los grupos de plantines A, B y C dentro del invernadero

Instrumentos utilizados: regla milimetrada; solarímetro portátil Extrech instruments, modelo light meter 401025 con rango 0-50000 lx; termómetro de máximas y mínimas Haut-Top-Oben.

Mediciones de las Variables

RADIACION en Lux= lm/m^2			
Día	GRUPO B	GRUPO A	GRUPO C
3-set	6500	2300	510
16-set	11900	1600	440
22-set	1700	690	130
26-set	10600	2900	360
4-oct	39500	25800	560
11-oct	10000	2100	400
14-oct	7500	1600	400
REGISTRO TEMPERATURAS en $^{\circ}\text{C}$			
Día	Máxima	Mínima	
16-set	23	13	
22-oct	21	15	
26-oct	34	16	
4-oct	41	14	
11-oct	22	21	
14-oct	36	14	

Las mediciones realizadas en el invernadero arrojaron los siguientes datos:

MEDIDAS DE LOS FOLÍOLOS en cm													
Fecha	variables	GRUPO A				GRUPO B				GRUPO C			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
03-sep	Ancho	3,0	3,2	3,3				2,8	2,6	2,4	2,8		1,9
	Largo	4,0	3,3	2,2				3,7	3,0	3,0	3,1		2,4
11-sep	Ancho	5,0	4,7	4,8	2,7		1,3	4,6	4,9	5,6	5,2		4,6
	Largo	4,9	5,2	2,9	2,2		2,1	5,0	5,4	6,8	6,4		4,7
16-sep	Ancho	5,6	5,2	5,3	3,6		1,8	5,0	5,2	6,8	6,1		5,8
	Largo	5,8	6,1	3,2	3,1		2,5	5,5	5,7	7,3	6,9		5,8
22-sep	Ancho	6,6	5,3	6,0	4,1		2,2	5,8	5,5	6,8	6,2		6,1
	Largo	6,4	7,0	3,4	3,3		2,6	6,3	6,5	7,6	7,0		6,5
26-sep	Ancho	6,6	5,5	6,0	4,1		4,0	6,0	6,0	6,8	6,4		6,3
	Largo	6,5	7,0	4,1	3,3		4,2	6,3	6,5	7,7	7,0		6,5
04-oct	Ancho		6,0	6,0	4,4		6,0	6,2	6,4	6,8	6,7		6,6
	Largo		7,0	4,9	3,9		6,5	6,5	6,6	7,8	7,2		6,6
06-oct	Ancho		6,4	6,1	4,5		6,1	6,3		7,3	6,7		6,6
	Largo		7,1	5,0	4,0		6,6	6,5		7,9	7,3		6,7
11-oct	Ancho		6,8	6,0	4,7		6,3	6,4		7,5			6,9
	Largo		7,2	5,3	4,1		6,7	6,5		8,0			7,0
14-oct	Ancho		6,8	6,0			6,3	6,5		7,8			6,9
	Largo		7,2	5,4			6,7	6,6		8,0			7,0

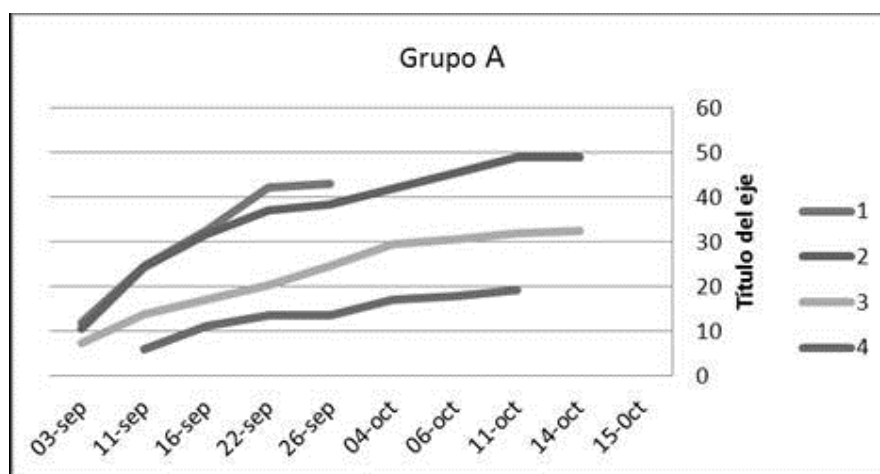
Los datos faltantes se deben a plantines que se marchitaron o con germinación tardía o semillas que no germinaron.

Con los datos obtenidos de las mediciones de los folíolos se calcularon las áreas de las hojas.

ÁREAS FOLIARES en cm ²												
Día	A				B				C			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
3-set	12	10,56	7,26				10,36	7,8	7,2	8,68		4,56
11-set	24,5	24,44	13,92	5,94		2,73	23	26,46	38,08	33,28		21,62
16-set	32,48	31,72	16,96	11,16		4,5	27,5	29,64	49,64	42,09		33,64
22-set	42,24	37,1	20,4	13,53		5,72	36,54	35,75	51,68	43,4		39,65
26-set	42,9	38,5	24,6	13,53		16,8	37,8	39	52,36	44,8		40,95
4-oct		42	29,4	17,16		39	40,3	42,24	53,04	48,24		43,56
6-oct		45,44	30,5	18		40,26	40,95		57,67	48,91		44,22
11-oct		48,96	31,8	19,27		42,21	41,6		60			48,3
14-oct		48,96	32,4			42,21	42,9		62,4			48,3

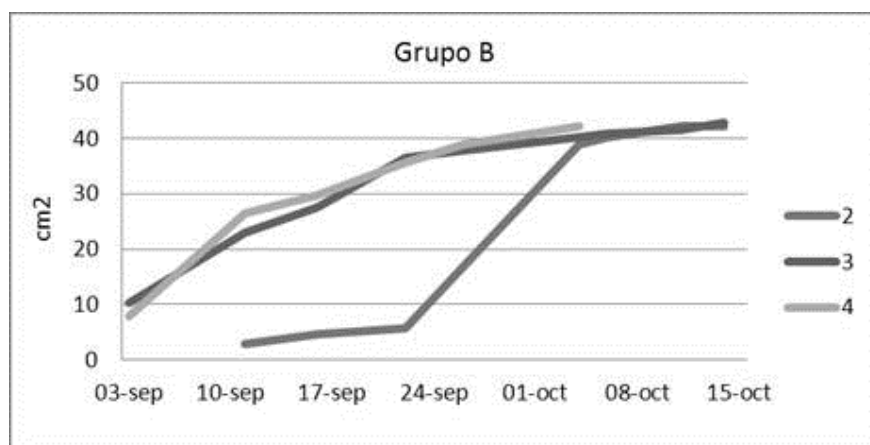
Resultados

Gráfico 1: Áreas foliares de los plantines del grupo A en las diferentes observaciones



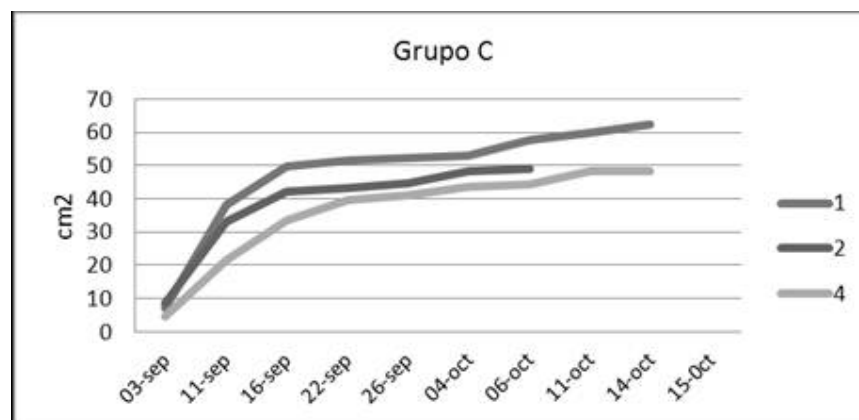
Los plantines 2 y 3 pudieron ser medidos hasta el final del proceso, mientras que el 1 a partir de la quinta semana se marchitó, en el 4 se observó una germinación tardía y se marchitó a los 40 días. El plantín con mayor área foliar fue el 2, con un valor de 48,96 cm².

Gráfico 2: Áreas foliares de los plantines del grupo B en las diferentes observaciones



El plantín 3 cumplió con todas las mediciones, alcanzando un área de 42,3 cm²; el 2 tuvo una germinación tardía; el 4 se marchitó a los 33 días; el plantín 1 tuvo una mala germinación, con hojas deformes, por lo fue descartado.

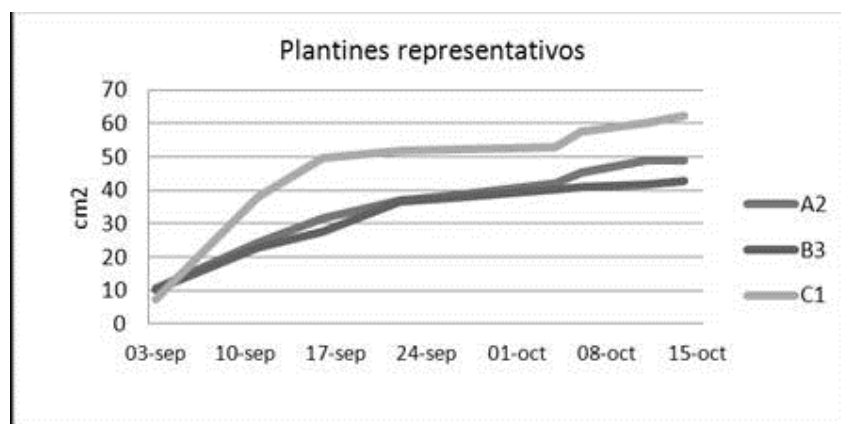
Gráfico 3: Áreas foliares de los plantines del grupo C en las diferentes observaciones



Se pudieron medir durante todo el periodo los plantines 1 y 4; el 2 se marchitó luego de 6 días y el 3 germinó pero a los pocos días murió. El plantín con mayor área foliar fue el 1, con 62,4 cm².

Al observar que varios plantines no eran representativos de la especie, debido a una germinación tardía, rotura de sus hojas o tallos, o un desarrollo deficiente, decidimos elegir el plantín de mayor área foliar de cada grupo. Del grupo A tomamos el dos (2), del grupo B el tres (3), y del grupo C el uno (1).

Gráfico 4: Áreas foliares de plantines representativos de los grupos en las diferentes observaciones



Todos los plantines seleccionados fueron medidos desde el primer al ultimo día y tuvieron un desarrollo óptimo, siendo el plantin de menor área foliar el del grupo B, con un valor de 42,9 cm²; el plantin del grupo A fue superior al plantin del grupo B, pero menor al plantin de grupo C, con un valor de 48,96 cm²; el plantín de mayor área foliar fue el del grupo C, con un valor de 62,4 cm².

- **Análisis de datos radiación**

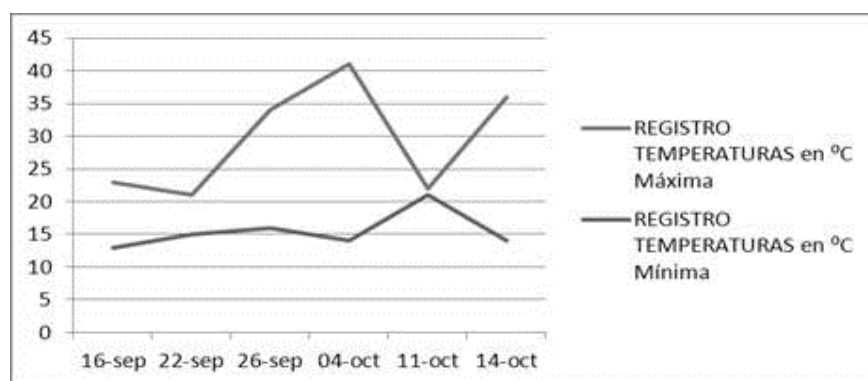
De las medidas tomadas en el invernadero con el solarímetro portátil, se calculó el promedio para saber cuál fue la exposición media de los plantines a la radiación solar. Los valores de radiación promedio para los distintos grupos fueron:

- Grupo B: 12310 lux
- Grupo A: 5284,2 lux
- Grupo C: 400 lux
-

- **Análisis de los datos de temperatura**

Se midió la temperatura con un termómetro de máximas y mínimas, corroborando la falta de incidencia de esta variable.

Gráfico 5: Registro de temperatura s máximas y mínimas del invernadero



La temperatura se mantuvo en el rango apto para el vegetal en estudio y resultó la misma para todos los grupos de plantines.

Discusión

En el grupo B, las plantas sufrieron un estrés por exceso de luz, donde ciertos pigmentos absorben más energía de la que la clorofila puede absorber, y produce una reducción de la fotosíntesis, que desencadena una serie de adaptaciones morfológicas con el objetivo de disipar esa energía sobrante, reduciendo el tamaño de las hojas.

En los grupos A y C, ocurrió el proceso inverso, donde al reducir la radiación, en las plantas ocurrió una adaptación morfológica que consistió en aumentar el área foliar para aprovechar de manera más eficiente la energía. Al ser la deficiencia mucho mayor en el grupo C, el aumento del área foliar fue mucho mayor que en el grupo B.

Cabe destacar que para un mejor desarrollo del cultivo, la radiación más apropiada debería ser la utilizada en el grupo A, debido a que al reducir de manera tan considerable la radiación, los procesos de fotomorfogénesis también actúan sobre la morfología de los tallos, donde la tendencia general es que al disminuir la intensidad luminosa, los entrenudos del tallo se hacen más largos y el tallo es más delgado, generando cierta fragilidad en la planta y que no pueda mantenerse erguida.

Conclusión

La hipótesis planteada: “una mayor intensidad de radiación solar provocaría un aumento en el área foliar”, fue refutada debido a que el mayor área foliar se registró en el grupo C, el cual estuvo expuesto a la menor radiación. Finalmente, para lograr un mayor desarrollo del área foliar de la especie *Phaseolus vulgaris* se debe reducir la radiación solar en un espectro cercano a los 400 lux, la utilizada en el grupo C.

Equipo de Trabajo

Alumnos de segundo año de la carrera de Ing. Agronómica de la Fac. de Cs. Agrarias UNR:
Cazzola, Federico; Escalada, Juan Francisco; Escalada, Juan Marcelo; Giacoboni, Román;
Iguacen, Francisco; Poudes, Ignacio; Sarchione, Franco

Referencias Bibliográficas

Azcon-Bieto, J y Talon, M (1993). Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial Mc Craw-hill-interamericana de España, Madrid-España

Sivori, E; Montaldi, E; Caso, O (1980). Fisiología Vegetal. Editorial Hemisferio sur S.A, Buenos Aires-Argentina