

DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA INVESTIGACIONES NUTRICIONALES EN TABACO NEGRO.

Yeramis Cánepa Ramos, Abdón J. Trémols González, Milagros García Alemañy, Lisette Monzón Herrera, y Leixis Álvarez Barrabí.

Instituto de Investigaciones del Tabaco, San Antonio de los Baños, La Habana, Cuba.

Resumen

La eficacia de las soluciones nutritivas depende de las particularidades biológicas del cultivo y las condiciones climáticas donde se debe desarrollar. Una solución nutritiva experimental para el tabaco debe reunir requisitos específicos: balance de aniones y cationes; una reacción ácida y una conductividad eléctrica entre 1,5 y 2,0 dS cm⁻¹; una composición que permita un buen crecimiento y desarrollo del tabaco; este efecto nutricional debe ser estable durante la duración de los experimentos; un efecto tampón que no permita variaciones bruscas del pH bajo el efecto del consumo de nutrientes, posibilidades de variación para crear condiciones de carencia o toxicidad de nutrientes, posibilidades de ser empleada para el cultivo sin sustrato y sobre un sustrato inerte. El objetivo del trabajo fue diseñar y validar una solución nutritiva para estudios nutricionales para el tabaco negro cubano. Para la validación de la solución nutritiva se realizaron dos experimentos en potes de polietileno de un litro, sin sustrato y con gravilla de cuarzo y plantas de la variedad "Criollo-98", las cuales fueron cosechadas a los 15, 25 y 35 días de trasplantadas y a los 28 días en los potes con gravilla de cuarzo. Los experimentos se realizaron con cuatro repeticiones completamente aleatorizadas. Las soluciones nutritivas se airearon sistemáticamente y fueron cambiadas cuando la conductividad eléctrica disminuyó en 10%. Los resultados obtenidos permiten concluir que la solución nutritiva mantiene un buen comportamiento a lo largo de su ciclo de utilización; propicia un buen crecimiento de las plantas de tabaco negro, cuando no se utiliza sustrato y sobre un sustrato químicamente inerte; permite a las plantas de tabaco negro, mantener una composición química dentro de los intervalos de suficiencia conocidos y satisface los requerimientos propuestos.

Palabras clave: tabaco negro, cultivo hidropónico, soluciones nutritivas.

NUTRIENT SOLUTION'S DESIGN FOR BLACK TOBACCO NUTRICIONAL STUDIES.

Yeramis Cánepa Ramos, Abdón J. Trémols González, Milagros García Alemañy, Lisette Monzón Herrera and Leixis Álvarez Barrabí.

Tobacco Research Institute, San Antonio de los Baños, La Habana, Cuba.

Abstract.

Nutrient solution efficiency depends upon the biological peculiarities of the crop and climatic conditions where it is due to grow up. An experimental nutrient solution for black tobacco should meet specific requirements: cation/anion balance; acidic reaction and an electric conductivity between 1,5 y 2,0 dS cm⁻¹; a chemical composition to allow a good grow and development of tobacco during the length of the experiments; a buffer effect to avoid considerable pH variations due to the nutrient uptake by the plant; the possibility of variation to create deficient and toxic conditions; possibilities to be used for hydroponic and substrate culture. The objective of this job was to design and validate a nutrient solution for Cuban black tobacco experimental works.

For the validation of the nutrient solution two experiments were carried out in 1 liter polyethylene pots, without substrate and on quartz gravel, where plants of the "Criollo-98" CV were transplanted and picked up at 15, 25 and 35 days (28 days for substrate pots). Experiments were carried out randomly with four replications. Nutrient solutions were systematically aerated and changed when EC dropped for more than 10%.

Obtained results allow concluding that the designed nutrient solution behaves well during the test duration; allows a good growth of black tobacco plants, when used with or without substrate; favors a chemical composition of black tobacco leaves within the normally accepted ranges and satisfy the proposed requirements.

Key words: Black tobacco, hydroponic culture, nutrient solution.

Introducción.

Numerosos investigadores han dedicado su atención al cultivo de plantas en soluciones nutritivas con y sin utilización de sustratos. Desde los trabajos de Knopp (Knopp, 1860) y Sachs (Sachs, 1860),

hasta los más recientes Steiner (1968, 1986), Alarcón (1996), Martínez y García (1993) y Juárez y col., (2006) se han establecido los principios para el cultivo de diversas plantas en estas condiciones con fines productivos, pero el diseño de soluciones nutritivas con fines experimentales ha recibido una atención, comparativamente menor. En particular existe poca información acerca de la composición de soluciones nutritivas específicas para el cultivo del tabaco en condiciones tropicales.

La eficacia de las soluciones nutritivas depende de numerosos factores, entre ellos las particularidades biológicas del cultivo y las condiciones climáticas donde se debe desarrollar. En nuestra opinión una solución nutritiva para la realización de estudios nutricionales en el cultivo del tabaco debe reunir una serie de requisitos específicos adicionales a los requisitos generales para una solución nutritiva:

- ✓ Balance de aniones y cationes que le confieran una carga eléctrica neutra o cercana a la neutralidad.
- ✓ Una reacción ácida con pH entre 5,0 y 6,0 en agua destilada, sin necesidad de añadir ácidos minerales y una conductividad eléctrica entre 1,5 y 2,0 dS cm⁻¹.
- ✓ Una fuerza iónica y un balance nutricional que permita un buen crecimiento y desarrollo del tabaco, con un aceptable balance entre el crecimiento de raíces, tallos y hojas. Este efecto nutricional de la solución debe ser relativamente estable durante todo el tiempo de duración de los experimentos.
- ✓ Un cierto efecto tampón que no permita variaciones bruscas del pH bajo el efecto del consumo de nutrientes que realiza la planta de tabaco. El pH de la solución nutritiva debe mantenerse en el intervalo óptimo con una disminución de la conductividad eléctrica, debida al consumo de las plantas de hasta un 10%.
- ✓ Posibilidades de variación en su composición para crear condiciones de carencia o toxicidad de diferentes nutrientes sin variaciones considerables de sus características fundamentales (fuerza iónica, conductividad eléctrica, pH, presencia del resto de las entidades químicas no sujetas a ensayo).
- ✓ Posibilidades de ser empleada tanto para el cultivo hidropónico sin sustrato, como para el cultivo sobre un sustrato inerte.

El objetivo del presente trabajo fue diseñar una solución nutritiva para estudios nutricionales en el tabaco negro en las condiciones de Cuba que cumpla los requisitos antes mencionados y validarla en las condiciones experimentales del Instituto de Investigaciones del Tabaco.

Materiales y métodos.

Diseño de la solución nutritiva.

Partiendo de los criterios expuestos, las características nutricionales del tabaco negro y la múltiple experiencia disponible en la bibliografía internacional (Jensen y Matler, 1995; Urrestarazu, 1997; Juárez y col., op. cit.) se diseñó una solución nutritiva para tabaco negro (II) con las características que se muestran en la tabla siguiente en comparación con otras tres soluciones conocidas: (I) Solución nutritiva utilizada en el Instituto de Nutrición de Plantas de la Universidad de Hohenheim, Alemania (Monzón, 2008), (III) Solución nutritiva recomendada por la Universidad de Ontario, Canadá (Angélica Gallardo, 2004, comunicación personal) y (IV) la recomendada por el Ministerio de la Agricultura del Estado de Israel (Natam, 2004, comunicación personal), empleadas para comparar la eficiencia de la solución nutritiva diseñada sobre el comportamiento de las plantas de tabaco negro. La composición de las soluciones nutritivas se muestra en la tabla N° 1.

Tabla N° 1. Composición y características de las soluciones nutritivas empleadas.

Indicadores	Solución II (Propuesta)	Solución I	Solución III	Solución IV
NO ₃ ⁻ (mM L ⁻¹)	9,75	6,285	14,17	9,92
H ₂ PO ₄ ⁻ (mM L ⁻¹)	1,14	0,063	1,05	0,93
SO ₄ ⁻² (mM L ⁻¹)	2,21	0,502	2,79	0,14
Ca ⁺² (mM L ⁻¹)	3,37	2,74	3,11	0,81
Mg ⁺² (mM L ⁻¹)	2,21	1,59	2,01	0,84
K ⁺ (mM L ⁻¹)	8,14	1,083	10,45	5,6
NH ₄ ⁺ (mM L ⁻¹)	0,0	0,0	0,0	2,29
Fe ($\mu\text{M L}^{-1}$) (EDDHA)	0,0021 (EDDHA)	0,1281 (EDTA)	0,023 (EDTA)	0,0233 (EDTA)
Cu ($\mu\text{M L}^{-1}$)	0,0002	0,0002	0,0012	0,0012
Mn ($\mu\text{M L}^{-1}$)	0,0004	0,0004	0,010	0,0104
Zn ($\mu\text{M L}^{-1}$)	0,0009	0,0009	0,0021	0,0022
B ($\mu\text{M L}^{-1}$)	0,01	0,010	0,015	0,0146
Mo ($\mu\text{M L}^{-1}$)	0,00002	0,00002	0,0001	0,0001
Σ cationes (mM L ⁻¹)	13,72	5,413	15,57	9,54
Σ aniones (mM L ⁻¹)	13,1	6,850	18,01	10,99
Σ cationes/ Σ aniones	1,04	0,79	0,86	0,86
pH	5,53	5,69	5,31	5,40
CE dS cm ⁻¹	1,803	0,833	2,167	1,207

Validación de la solución nutritiva.

Para la validación de la solución nutritiva diseñada se realizaron dos experimentos en potes de polietileno de baja densidad de un litro de capacidad, uno sin sustrato y el segundo utilizando como sustrato gravilla de cuarzo de 2 – 4 mm de diámetro, lavada con ácido nítrico, agua corriente y agua destilada hasta que la CE del drenaje igualó la del agua aportada para el lavado.

En los potes sin sustrato se sembraron cuatro plántulas de tabaco negro var. "Criollo-98" con una edad de 25 – 30 días, las cuales fueron cosechadas: dos plántulas por pote a los 15 días de trasplantadas, una plántula por pote a los 25 días de trasplantadas y finalmente la plántula restante a los 35 días de trasplantadas; en los potes con gravilla de cuarzo se sembraron dos plántulas por pote, las cuales fueron cosechadas a los 28 días de trasplantadas. Todos los experimentos se realizaron con cuatro repeticiones completamente aleatorizadas. Las soluciones nutritivas se airearon tres veces al día mediante un compresor de aire. A las plantas sobre sustrato de gravilla de cuarzo se les añadió 100 mL diarios de solución nutritiva en dos – tres dosificaciones y no se reutilizó el drenaje. Las soluciones nutritivas fueron cambiadas cuando la conductividad eléctrica disminuyó en aproximadamente diez por ciento.

Los indicadores de crecimiento de las plantas de tabaco (Cánepa, 2008) empleados para la evaluación de la eficacia de las soluciones nutritivas fueron: Largo de la raíz (mm), Largo del tallo (mm), Número de hojas, Superficie foliar (cm²), Volumen radical (cm³), Masa verde de hojas, tallos y raíces (g), Masa seca de las hojas (g)

La masa seca de las hojas fue molinada y sometida a análisis en el laboratorio determinando las formas totales de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro

Cobre, Manganeso y Cinc. Las muestras fueron procesadas y analizadas mediante las técnicas establecidas en el Manual de Procedimientos del Laboratorio del Instituto de Investigaciones del Tabaco (Instituto de Investigaciones del Tabaco, 2004). Las determinaciones de nitrógeno total fueron realizadas según Kjeldahl, el fósforo total mediante el método colorimétrico del metavanadato de

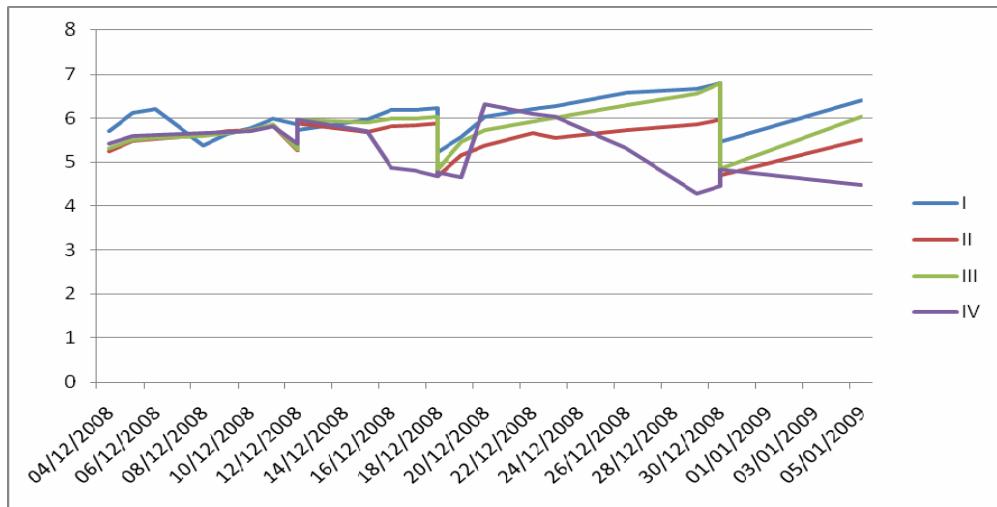
amonio y los cationes metálicos (potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, cobre, manganeso y cinc) por espectrofotometría de absorción atómica.

El procesamiento estadístico de los resultados se realizó mediante el análisis de regresión, utilizando el paquete estadístico Statgraphics plus v. 5,1.

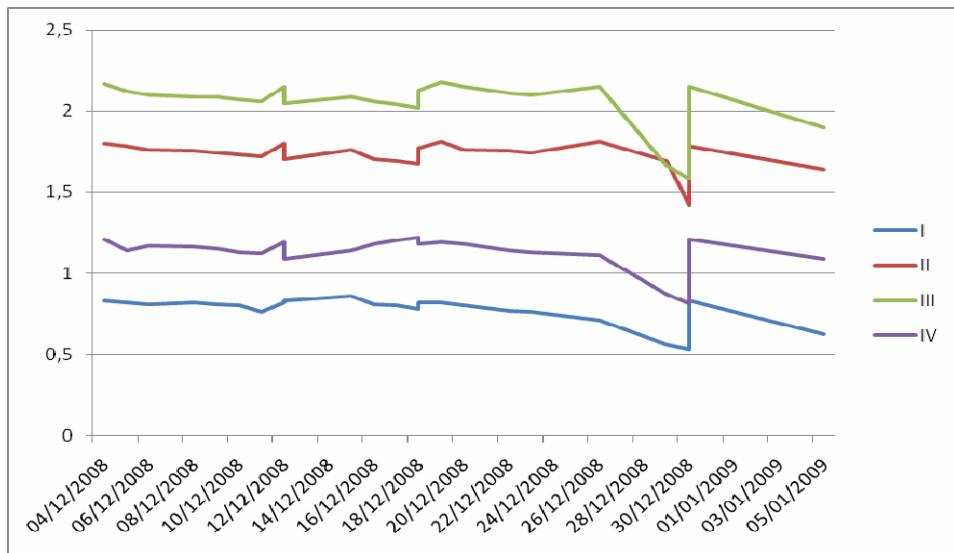
Resultados y discusión.

Comportamiento de la solución nutritiva.

La solución nutritiva diseñada para el cultivo del tabaco negro presentó una gran estabilidad en su reacción (pH) y conductividad eléctrica (CE) a lo largo de todo el ensayo. En las gráficas N° 1 y 2 se observa que las variaciones relativas de estos parámetros son las menores para esta solución.



Gráfica N° 1. Variación del pH de las soluciones nutritivas durante el ensayo.



Gráfica N° 2. Variación de la Conductividad Eléctrica (mS cm^{-1}) durante el ensayo.

La estabilidad de la reacción de la solución nutritiva (efecto tampón) es un criterio importante para su utilización en condiciones experimentales, ya que permite un suministro estable de nutrientes a las plantas cultivadas en ella, sin que se presenten fenómenos de inmovilización de las entidades químicas presentes. (Alarcón, 2000). La estabilidad de la Conductividad Eléctrica permite presumir que durante todo el tiempo del ensayo para las plantas se mantiene una fuerza iónica estable y sólo

la composición de la solución influye sobre su crecimiento y desarrollo, sin ocurrir períodos de crecimiento más o menos intensos debidos a la disponibilidad de nutrientes, variable en el tiempo, (Bayley y col., 1995).

Crecimiento de las plantas de tabaco en la solución nutritiva.

Las plantas de tabaco mostraron una respuesta diferenciada a las condiciones nutricionales que aportaron las soluciones nutritivas estudiadas. En la tabla Nº 2 se muestran los principales indicadores de crecimiento estudiados en tres edades diferentes de las plantas de tabaco

Tabla Nº 2. Indicadores de crecimiento de las plantas de tabaco cultivadas en diferentes soluciones nutritivas.

Solución nutritiva	Longitud Tallo	Longitud Raíz	Volumen raíz	Nº hojas	Superficie Foliar (cm ²)	Masa fresca			Masa seca hojas (g)
	(cm)	(cm)	(cm ³)			Tallo (g)	Raíz (g)	Hojas (g)	
15 días del trasplante									
I	5,900	11,217d	0,500	4,167	67,800c	0,375c	0,490c	1,390c	0,287
II	6,683	21,950a	1,167	5,167	188,667a	0,968a	0,670ab	3,593ab	0,650
III	5,533	15,367bc	0,850	5,167	131,000b	0,813ab	0,730a	4,020a	0,553
IV	5,167	17,017bc	0,533	4,667	99,110bc	0,577bc	0,417bc	2,333bc	0,400
Media	5,821	16,388	0,763	4,792	121,644	0,683	0,577	2,834	0,473
ES X	NS	1,26951	NS	NS	13,395	0,9587	0,459	0,459	NS
25 días del trasplante									
I	11,100	26,233b	1,567b	6,000	250,293	1,403b	1,253	4,877b	0,383c
II	12,333	34,700a	2,933a	6,000	259,743	1,977b	1,400	5,497b	0,663a
III	13,767	22,333b	3,000a	6,000	286,333	2,877a	1,480	7,547a	0,673a
IV	11,267	27,967ab	3,233a	6,000	253,447	1,697b	1,473	5,873b	0,557b
Media	12,117	27,808	2,683	6,000	262,454	1,988	1,402	5,948	0,569
ES X	NS	2,08167	0,32787	NS	NS	0,19305	NS	0,48647	0,325747
35 días del trasplante									
I	20,667	23,000c	5,233c	8,333b	570,000	4,523b	2,013c	12,597b	1,257
II	18,000	40,000a	14,733a	8,333b	578,567	5,257b	4,410a	16,610a	1,653
III	25,000	29,667b	8,633b	11,333a	509,700	8,380a	4,167ab	17,110a	1,650
IV	20,333	31,000b	9,100b	8,333b	544,900	4,363b	3,207b	12,070b	1,703
Media	21,000	30,917	9,425	9,083	550,792	5,631	3,449	14,597	1,566
ES X	NS	1,01379	0,649359	0,333333	NS	0,522701	0,316557	1,17816	NS

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas para una probabilidad del 95% según el Test de Rangos Múltiples de Duncan.

En todas las edades las plantas de tabaco cultivadas en la solución nutritiva diseñada muestran indicadores de crecimiento satisfactorios, comparables a los que se obtienen en edades similares en las condiciones de la producción comercial, teniendo en cuenta que las plantas de tabaco se llevan al trasplante con una edad de 12 – 15 días superior a la utilizada en el ensayo. Es igualmente satisfactorio el ritmo de crecimiento de hojas, tallos y raíces en las plantas cultivadas en la solución nutritiva diseñada. Es de destacar que la solución III muestra un mayor número de hojas y una masa fresca del tallo y hojas superior al resto de los tratamientos, éstas son evidentemente poco típicas para el fenotipo del tabaco negro cubano ya que la superficie foliar no aumentó proporcionalmente en ellas.

Influencia de la concentración de la solución nutritiva sobre la producción de biomasa por las plantas de tabaco.

Existe una estrecha dependencia existente entre la concentración de la solución nutritiva y la producción de biomasa por las plantas (Cunningham, 1998; Göhler y col., 1989). En nuestras condiciones experimentales se encontró una fuerte relación entre la concentración de la solución nutritiva (Σ aniones + cationes en mM L⁻¹) y la producción de biomasa por las plantas de tabaco, la cual se describe mediante la ecuación de regresión $y = -0,000x^2 + 0,045x - 0,070$ para la cual se obtiene un coeficiente de determinación (R^2) de 0,859, significativo para un 99% de probabilidad. Evidentemente el crecimiento de las plantas de tabaco depende de las condiciones nutricionales en el medio de cultivo y tanto una concentración deficiente, como una concentración excesiva lo limitan. La concentración óptima para el crecimiento de las plantas de tabaco se encuentra en el entorno de los 30 mM L⁻¹, por lo que la solución diseñada (26,87 mM L⁻¹) satisface los requerimientos nutricionales de la planta de tabaco.

Influencia de la solución nutritiva sobre la composición foliar de las plantas de tabaco.

Tabla N° 3. Efecto de las soluciones nutritivas sobre la composición química de las hojas de tabaco.

Solución nutritiva	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)
15 días del trasplante									
I	3,33c	0,17c	3,78b	1,76d	0,46c	251,24a	17,19	11,7d	165,63bc
II	3,95ab	0,20b	4,73a	4,34a	1,56a	162,66b	14,35	33,28c	133,88c
III	3,87b	0,24a	4,97a	3,6b	1,53a	200,65b	16,67	97,84b	179,33ab
IV	4,42a	0,16c	3,73b	2,076c	0,98b	184,36b	19,89	181,06a	204,69a
Media	3,89	0,19	4,31	3,11	1,13	199,73	17,03	80,97	170,88
ES X	0,14705	0,087315	0,346895	0,20363	0,99205	14,1642	NS	6,45096	11,8301
25 días del trasplante									
I	4,26	0,18b	3,57c	3,52a	0,87	302,53a	17,13	27,54c	206,85b
II	3,96	0,26a	4,25b	2,54b	1,33	204,74bc	15,21	25,42c	231,46b
III	4,22	0,20b	4,80a	2,43b	1,17	191,58c	14,57	119,85b	218,9b
IV	3,81	0,29a	4,25b	1,62c	1,1	256,33ab	21,98	237,02a	325,18a
Media	4,06	0,23	4,22	2,53	1,12	238,80	17,22	102,46	245,60
ES X	NS	0,122372	0,231739	0,18029	NS	17,5881	NS	9,15187	11,9974
35 días del trasplante									
I	3,95a	0,14b	3,44	2,64a	1,05	209,03a	15,99	21,25c	100,21
II	3,68ab	0,30a	3,87	3,25a	1,28	103,71b	11,97	30,13c	77,91
III	4,26a	0,22ab	4,12	3,07a	1,15	223,23a	17,1	189,83b	53,10
IV	3,3b	0,27a	3,18	0,52b	0,77	96,09b	14,55	219,07a	64,39
Media	3,80	0,23	3,65	2,37	1,06	158,02	14,90	115,07	73,90
ES X	1	0,317381	NS	0,43611	NS	23,8095	NS	3,80039	NS

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas para una probabilidad del 95% según el Test de Rangos Múltiples de Duncan.

En general las soluciones nutritivas estudiadas permiten a las plantas de tabaco acumular cantidades de nutrientes en sus tejidos foliares que se encuentran en el intervalo normal, informado por Monzón (op. cit.), con la excepción de la solución I que aporta cantidades excesivas de hierro y la IV que es

evidentemente insuficiente en calcio. La solución II permite obtener plantas de tabaco con valores completamente normales y estables durante todo el ciclo experimental.

Efecto de la solución nutritiva sobre el crecimiento de las plantas de tabaco cultivadas sobre un sustrato inerte.

La solución nutritiva diseñada, aplicada en potes con gravilla de cuarzo, promovió un crecimiento de las plantas de tabaco completamente satisfactorio. Los indicadores de crecimiento estudiados muestran valores similares a los de las plantas de tabaco de igual edad, en condiciones de cultivo comercial, aunque algo inferiores a los alcanzados en soluciones sin sustrato, pero los valores se diferenciaron en mayor medida entre las soluciones estudiadas.

Tabla Nº 4. Efecto de la solución nutritiva sobre el crecimiento de las plantas de tabaco cultivadas sobre gravilla de cuarzo.

Solución nutritiva	Longitud		Superficie Foliar (cm ²)	Masa Verde		Masa seca hojas (g)
	Tallo (cm)	Nº hojas		Tallo (g)	Hojas (g)	
28 días del trasplante						
I	9,133c	5,000c	116,853c	0,753c	1,970c	0,217b
II	13,000b	6,333b	151,020b	1,310b	2,800b	0,237b
III	16,333a	7,333a	220,657a	1,803a	4,183a	0,4a
IV	12,300b	6,333b	131,303bc	1,347b	3,127bc	0,243b
Media	12,692	6,250	154,958	1,303	3,020	0,274
ES X	0,790921	0,287675	8,39819	0,0844575	0,294189	0,0180278

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas para una probabilidad del 95% según el Test de Rangos Múltiples de Duncan.

Las plantas cultivadas con la utilización de la solución número III alcanzaron los mayores valores en todos los indicadores de crecimiento, pero no se considera la más conveniente porque su fenotipo (alargado y con mayor número de hojas de las correspondientes a la edad cronológica) no concuerda con el fenotipo del tabaco negro cubano.

Conclusiones.

La solución nutritiva diseñada para estudios nutricionales en tabaco negro mantiene un buen comportamiento en cuanto a sus propiedades (pH y CE) a lo largo de su ciclo de utilización. Con su utilización es posible alargar los ciclos de cambio de la solución nutritiva en dos – tres días en comparación con las demás soluciones nutritivas estudiadas.

La solución nutritiva diseñada propicia un buen crecimiento de las plantas de tabaco negro, tanto en condiciones de cultivo hidropónico sin sustrato, como cuando se utiliza un sustrato químicamente inerte.

Las plantas de tabaco negro, cultivadas sobre la solución nutritiva diseñada, tienen una composición química dentro de los intervalos de suficiencia conocidos.

La solución nutritiva diseñada para el tabaco negro satisface los requerimientos propuestos.

Recomendación.

Emplear la solución nutritiva diseñada en los estudios nutricionales con tabaco negro en condiciones controladas.

Bibliografía.

- Alarcón Vega, A. L. El cultivo hidropónico de hortalizas tempranas. 4^a Ponencia del I Forum Internacional de Agricultura y Tecnología. FITECH 96, Valencia, España. (1996).
- Alarcón Vega, A. L. Aspectos teóricos de fisiología y nutrición mineral en fertirriego. SQM North América. (2000).
- Bayley, D. A., P. V. Nelson & W. C. Fonteno. Plant Nutrition Testing Procedures: Greenhouse SAT's? North Carolina State University Extension Service. (1995).
- Cánepa Ramos, Yeramis. Ajustes y ensayo de soluciones nutritivas a emplear en el cultivo hidropónico de plántulas de tabaco Nicotiana tabacum L. para la investigación. Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. (2008).
- Cunningham, D. Everything old is new again: the return of Gericke system. En: The best of practical hydroponics and greenhouses. Ed. Casper Publications. (1998).
- Gallardo, Angélica. Comunicación personal. (2004).
- Göhler, F., A. Heibner & H. Schmeil. Control of water and nutrient supply in greenhouse vegetable production by means of hydroponic systems. Acta Horticulturae. 260:23 7-246. (1989).
- Instituto de Investigaciones del Tabaco. Manual de Procedimientos del Laboratorio de Agroquímica. (2004)
- Jensen, M. H. y A. J. Malter. Protected agriculture, a global review. World Bank Technical paper Nº 253. Washington, U. S. A. (1995).
- Juárez, MJ.; Gustavo, B.; Lorenzo, A.; Prometeo, S.; Juan Luis, T.; Jaime, S. y María Teresa, C. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. Interciencia, Vol 31 No. 004. Venezuela. pp 246-253. (2006).
- Knopp, W. Landwirtschaft. Versuchs-Stat. 2, 65 y 270. (1860).
- Martínez, E y M. García. Cultivos sin suelo: Hortalizas en Clima mediterráneo. Ediciones de Horticultura S. L. Tarragona, España. (1993).
- Monzón Herrera, Lisette. Aportes al conocimiento de la nutrición del tabaco negro cubano (Nicotiana tabacum L.). Tesis en opción al Título de Master en Biología Vegetal. Universidad de La Habana. (2007).
- Natan, Roberto. Comunicación personal. (2004).
- Sachs, J. Landwirtschaft. Versuchs-Stat. 2,219 y 3,30. (1860).
- Steiner, A.A. Soillless culture. En Proc.6th Colloquium Int. Potash Institute. Florence, Italy. pp 324-341.(1968).
- Steiner, A.A. The universal nutrient solution. Proceedings 6th International Congress sand soilless cultures. Wageningen The Netherlands. 633-652pp.(1986).
- Urrestarazu, M. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. En: Manual de Cultivo sin Suelo. Ed. Universidad de Almería. (1997).