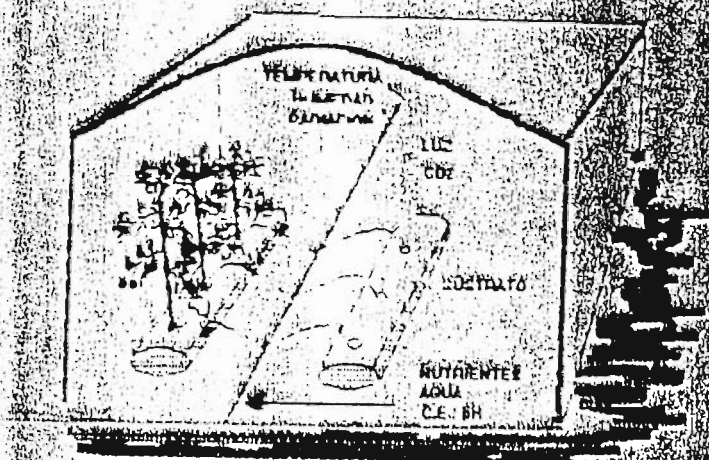




INSTITUTO NACIONAL DE
TÉCNICA AGROPECUARIA
SANTA FE

JORNADA TECNICA CULTIVO SIN SUELO DE HORTALIZAS BAJO CUBIERTO



12 DE OCTUBRE DE 1995

EEA INTA SAN PEDRO

Ruta 9 km 170 - 2930 San Pedro Bs. As. Telefax: (0329) 24074/25075/23321
E-mail: esampelpostmaster@inta.edu.ar



SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERIA Y PESCA
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA SAN PEDRO

JORNADA TECNICA

CULTIVO SIN SUELO DE HORTALIZAS BAJO CUBIERTA

*** Antecedentes. Sistema Abierto. Sustratos.**

Ing.Agr.(M.Sc.) Adolfo T. Amma.

*** Soluciones Nutritivas.**

Ing.Agr. Luis Balcaza.

*** Sistemas y Manejo de Riego.**

Ing.Agr. Guillermo Cascardo.

*** Experiencias 1993/94 EEA San Pedro.**

Ings.Agrs. Adolfo T. Amma y Guillermo Cascardo

*** Experiencias 1994/95 EEA San Pedro.**

Ings.Agrs. Adolfo T. Amma y Guillermo Cascardo

Coordinación: Ing.Agr.(M.Sc.) Adolfo T. Amma.

12 de octubre de 1995

EEA INTA San Pedro

Antecedentes. Sistema Abierto. Sustratos.

Ing.Agr.(M.Sc.) Adolfo T. Amma.

CULTIVO SIN SUELO - DEFINICIONES - ANTECEDENTES

Adolfo T. Amma (*)

La palabra hidropónico deriva del griego *hudos* = agua y *ponos* = trabajo. El **CULTIVO HIDROPONICO** es aquel que permite el desarrollo de la planta en un medio acuoso que contiene en disolución los elementos nutritivos esenciales para su crecimiento, incluyendo el oxígeno; este medio acuoso es la solución nutritiva.

Cuando el cultivo se realiza en un medio sólido (sustrato) diferente del suelo natural y aislado de éste y en los que se aplica una solución nutritiva se denomina **CULTIVO EN SUSTRATO**.

Estas técnicas de producción reciben la denominación genérica de **CULTIVOS SIN SUELO (CSS)**.

Los antecedentes modernos de la hidroponía se sitúan en el siglo XIX, cuando se desarrollaron para usos científicos, especialmente relacionados con los estudios de nutrición vegetal.

Con posterioridad, este sistema de producción se desarrolló en situaciones en las que el factor limitante fue precisamente el suelo -Islas del Pacífico en la 2da. guerra mundial, en áreas desérticas, en edificios, etc.-. Asimismo, se ha utilizado para el aprovechamiento de agua de mala calidad y/o residuales.

Aparte de estas condiciones particulares, la técnica de CSS se ha desarrollado en los últimos decenios en aplicaciones agrícolas como alternativa de técnicas de cultivo tradicionales.

Algunos de los factores que han contribuido y contribuyen a su difusión han sido problemas de productividad ligados al suelo natural -patologías varias, salinidad, "cansancio", restricciones en el uso de agroquímicos, etc. Ultimamente, a todo ello se agrega razones de carácter económico centradas en las mejoras en la eficiencia de los factores de producción -agua, nutrientes, energía, mecanización, estructura de invernaderos, conservación del suelo, etc. Esto ocurre principalmente en los países más desarrollados, con condiciones ambientales (suelo y clima) y de mercado que requieren alta tecnología para obtener productos de calidad y con altos rendimientos.

De los países europeos, Holanda es en donde mayor desarrollo ha tenido el CSS; su evolución según Ammerlaan, J.C.J (1993) ha sido:

(*): Ing. Agr (M.Sc): Técnico Grupo Suelo y Agrometeorología E.E.A. INTA San Pedro.

Año	Hortalizas bajo cubierta C.S.S. %
1985	26
1990	61
1991	65
1992	72
1994	(80) *
2000	(100) *

*: porcentajes estimados

Los Holandeses preveen tener para el año 2.000 el 100% de la producción de hortalizas en invernadero bajo el sistema de cultivo sin suelo con solución recirculante - sistema cerrado-.

España, es uno de los países en donde, en los últimos años, se ha registrado un incremento significativo en la superficie de CSS. De las 500 has de 1992 a 830 has en 1993, considerando solamente el litoral sudeste y utilizando sistemas con medios inertes - perlita, lana de roca y arena- (Martínez, et al 1993).

Otros países en donde el CSS tiene un desarrollo significativo son: Israel, Francia, Inglaterra, Bélgica, Japón, Alemania, etc.

Las ventajas e inconvenientes de los CSS con respecto a los sistemas clásicos de cultivo en suelo son: (Winsor, 1990)

Ventajas generales:

- Control de la nutrición
- Reducción de las necesidades de mano de obra
- Facilidad y mejor uniformidad del riego
- Facilidad de la desinfección
- Mejora la productividad

Ventajas en ciertas condiciones particulares:

- Posibilidad de cultivo en condiciones extremas
- Economía de agua

Inconvenientes:

- Aumento de costos, aunque en la actualidad no en todos los casos.
- Mayores exigencias técnicas en el manejo

Por todo ello, WINSOR (1990) concluye:

Los modernos CSS pueden competir en las condiciones propias de los cultivos protegidos en Europa.

Todavía no son competitivos respecto de las técnicas clásicas en zonas áridas aunque determinados sistemas (cultivo en arena, grava, etc) pueden empezar a ser competitivos.

Cuando se dispone de sustratos orgánicos a bajo coste se puede desarrollar un CSS competitivo.

Solamente los cultivos que generan un alto producto bruto hacen viables los CSS.

Antes de difundir los CSS en un área es preciso llevar a cabo ensayos a escala casi comercial.

PERSPECTIVAS DEL CSS EN ARGENTINA

En Argentina, la producción hortícola bajo cubierta, se realiza teniendo el suelo natural como medio de desarrollo de las plantas. Se recurre a enmiendas orgánicas, aplicación de dosis elevadas de fertilizantes químicos, desinfección del suelo con agroquímicos, labranzas, riego, etc con el objeto de mantener una capacidad productiva del suelo compatible con los requerimientos de rendimiento -calidad y cantidad- necesarios para satisfacer las demandas del mercado y lograr el mejor resultado económico.

Este sistema conduce, luego de unos años, a un deterioro de las condiciones edáficas, físicas y químicas -problemas de sanidad, salinidad, desbalances nutricionales, toxicidades específicas, falta de aireación, encostramiento, baja infiltración de agua, etc- que limitan la producción de los cultivos. La solución a este problema es dejar por unos años el suelo sin cultivar, trasladando el invernadero a otro sitio.

El sistema productivo bajo cubierta, en el país, como ha ocurrido en otras partes del mundo, se encuentra en franco proceso de evolución tecnológica. Se observa una tendencia firme al mejoramiento de las estructuras de los invernaderos, de los tradicionales de madera a los mixtos o metálicos de mayor durabilidad y con mejoras que proporcionan un ambiente más adecuado para el desarrollo de las plantas en las estaciones extremas. Asimismo, hay incorporación de sistemas automáticos en riego y fertirrigación, al mismo tiempo existen en el mercado una mayor cantidad y tipos de fertilizantes hidrosolubles aptos para la fertirrigación, material vegetal con alta potencialidad productiva, etc que tienden a un sistema productivo más eficiente.

Por otra parte, cada vez, es más sentida la necesidad de preservar el medio ambiente y la salud humana; para alcanzar ello, se establecen restricciones en el uso de agroquímicos en general y para la desinfección del suelo en particular, pautas para un uso más eficiente de los fertilizantes, etc.

Actualmente, el mercado consumidor está exigiendo, día a día, productos de mayor calidad desde el punto de vista sanitario-alimenticio.

Esta evolución, tiende a que el cultivo sin suelo, en sus distintas variantes, constituya un sistema productivo viable a mediano plazo, de manera especial en aquellas empresas que adopten "paquetes" tecnológicos de avanzada.

Es de destacar que ya existen empresas que, en forma experimental, están cultivando hortalizas y en algunos casos flores bajo sistema de CSS.

SISTEMAS DE CULTIVO SIN SUELO

Adolfo T. Amma (*)

Una división clásica de los sistemas de cultivo sin suelo es la que, teniendo en cuenta la solución nutritiva, diferencia los sistemas a solución perdida de los sistemas a solución recirculante. En los primeros se hacen riegos intermitentes y se utiliza un sustrato para mantener una reserva de solución nutritiva entre riegos. El agua de drenaje no se recupera.

En los segundos, sistema cerrado, la solución nutritiva esta constantemente circulando y no es imprescindible la presencia de un sustrato.

Cualquier cultivo sin suelo (CSS) eficaz, debe garantizar una correcta oxigenación del sistema radicular. La restricción del volumen disponible -contenedor- y la elevada proporción de la fase acuosa, propias de los CSS, hace que este sea un aspecto limitante y determinante en el diseño de los sistemas.

La elección entre reciclado o no de la solución nutritiva (SN) en los CSS debe resolverse en cada situación; las ventajas e inconvenientes pueden ser útiles en la toma de decisión.

Sistema abierto (sin reciclado de SN)

Ventajas:

- Permiten elegir un buen equilibrio aire/agua/nutriente.
- Posibilidad de uso de agua de mala calidad.
- Simplificación de las instalaciones.
- El usuario puede controlar el pH y la CE manualmente.
- El drenaje permite el control de la CE.
- Riesgo bajo en el manejo.

Inconvenientes:

- Requiere usar sustratos y renovarlos.
- Es necesario conocer los requerimientos hídricos de la planta con precisión.
- Se contamina el ambiente (lixiviados).

(*) Ing. Agr(M.Sc): Técnico Grupo Suelo y Agrometeorología
E.E.A. INTA San Pedro, CC 43 (2930) San Pedro, Buenos Aires.

Sistema cerrado (con reciclaje de SN)

Ventajas:

- Contaminación reducida.
- Puede prescindirse de los sustratos.(sistema N.F.T. o análogos)
- Fácil desinfección, si no se usa sustratos.
- Fácil sustitución del cultivo.

Inconvenientes:

- Supervisión precisa de la SN.
- No es compatible con aguas de mala calidad.
- Deficiente oxigenación (NFT).
- Costo elevado de las instalaciones.
- Propagación rápida de enfermedades vasculares y radicales.

CULTIVO EN SUSTRATO - SISTEMA ABIERTO

SUSTRATOS:

El sustrato constituye el medio sólido en el que se desarrolla el sistema radicular de las plantas, limitado físicamente en su volumen, aislado del suelo y capaz de proporcionar el agua y los elementos nutritivos esenciales, entre ellos, el oxígeno necesario para la respiración de las raíces.

Existen distintos materiales utilizados como sustratos; según su origen pueden clasificarse en:

a: Inorgánicos

a:1.- De origen natural sin tratamiento o proceso de manufacturación: arena de diferentes granulometría, gravas.

a:2.- De origen natural con proceso de manufacturación previo; lana de roca, perlita, vermiculita, arcilla expandida, etc.

b: Orgánicos

Turba en sus distintos tipos, cascara de arroz, cortezas varias, agujas de pino, aserrín, etc.

c: Sintéticos

Poliuretanos, poliestireno.

CARACTERISTICAS DE ALGUNOS SUSTRATOS

Se describen las características de los sustratos que han sido o están en experimentación en esta E.E.A.

Perlita:

Se obtiene a partir de rocas volcánicas; se someten a un rápido calentamiento a alta temperatura($\pm 1100^{\circ}\text{C}$) para producir su expansión. El agua que contiene la roca (2-6%), se vaporiza y produce múltiples burbujas pequeñas en su interior. Es un material de baja densidad, de color blanco-grisáceo; sus partículas se fragmentan con relativa facilidad. Como no presenta minerales de alteración constituye un sustrato muy poco activo, químicamente inerte, pH neutro y retención iónica (CIC) despreciable.

Arcilla expandida:

Producto que se obtiene sometiendo arcillas a altas temperaturas, del orden de 1.200°C . De esta manera se consigue su expansión. Son partículas semiesféricas con microceldillas de aire en su interior, superficie dura y resistente, muy estables. Existen de varios tamaños; los utilizados fueron: fino 0 - 3 mm y grueso 3 - 10 mm de diámetro.

Su pH es neutro y no presentan actividades químicas, material inerte.

Cáscara de arroz:

Es un subproducto de la industria arrocerá que se utiliza directamente después de extraído el grano. Es un material liviano, poroso. De descomposición lenta, presenta una alta relación C/N.

En general por su alta porosidad se utiliza en mezclas para mejorar el drenaje y la aireación.

Turba:

Producto de regiones frías y de altas precipitaciones. Textura esponjosa, fibrosa, con una elevada porosidad y capacidad de retención de agua, aunque bastante hidrófoba.

PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUSTRATOS

Teniendo en cuenta la función de los sustratos, se desprende que sus características físicas son de mayor significación que las químicas.

a.- Granulometría:

Generalmente los sustratos están constituidos por partículas de distintos tamaños. Las propiedades físicas de un sustrato varía considerablemente en función de la distribución porcentual de cada uno de ellos. Es importante que todo sustrato quede definido por esta característica.

La granulometría determina las características de la porosidad φ en consecuencia las relaciones aire/agua del sustrato. Las partículas menores de 0,2 mm promueven una porosidad fina abundante y condiciones próximas a la saturación.

En términos generales, las partículas menores de 0,5 mm favorecen la retención de agua y las mayores la aireación..

b.- Densidad de partícula (PD)

La PD es la relación entre el peso de todas las partículas sólidas respecto del volumen total que ocupan, excluyendo los espacios porosos. La porosidad interna ocluida se toma como parte del volumen de la partícula.

c.- Densidad aparente (DA)

Es la relación entre el peso seco del material sólido y el volumen total ocupado por el sustrato.

d.- Espacio poroso total (EPT)

Es el porcentaje en volumen del sustrato no ocupado por el material sólido. Es una relación entre la densidad aparente (DA) y la densidad de partícula (PD).

Este espacio poroso está ocupado por aire en los macroporos y por agua en los microporos.

e.- Curva de retención de agua a bajas tensiones

El agua es retenida en los poros del sustrato o del suelo con una cierta tensión o fuerza que la planta debe vencer para poder absorber agua a través de su sistema radicular. En general puede decirse que los rangos de utilización del agua del suelo varía con el sistema de cultivo o técnica cultural. Expresando esa tensión en cm de columna de agua, los correspondientes a los distintos sistemas serían:

- Cultivo sin suelo: hasta 100 cm.
- Cultivo en suelo regado, riego localizado hasta 300 cm; riego tradicional hasta 1.500 cm.
- Cultivo de secano: hasta 10.000 cm.

En la curva de retención de agua de un sustrato existen tres puntos claves de tensión: a 10 cm, a 50 cm y a 100 cm de altura de columna de agua. Estas tensiones determinan volúmenes característicos que se definen a continuación:

e.1.- Capacidad de aireación (A %)

Es la diferencia entre porosidad total y el volumen de agua a 10 cm c.a.

La capacidad de aire de un sustrato debe ser superior a 20% e inferior a 30%.

e.2.- Volumen de agua fácilmente disponible (AFD %)

Es la diferencia entre el volumen de agua retenida a 10 cm y a 50 cm de tensión.

e.3.- Volumen de agua de reserva (AR %)

Es la diferencia entre el volumen de agua retenido a 50 cm y el retenido a 100 cm c.a. de tensión.

e.4.- Volumen de agua difícilmente disponible (ADD %)

Corresponde al volumen de agua retenido a una tensión de 100 cm de c.a.

CURVA DE RETENCION DE AGUA DE UN SUSTRATO IDEAL

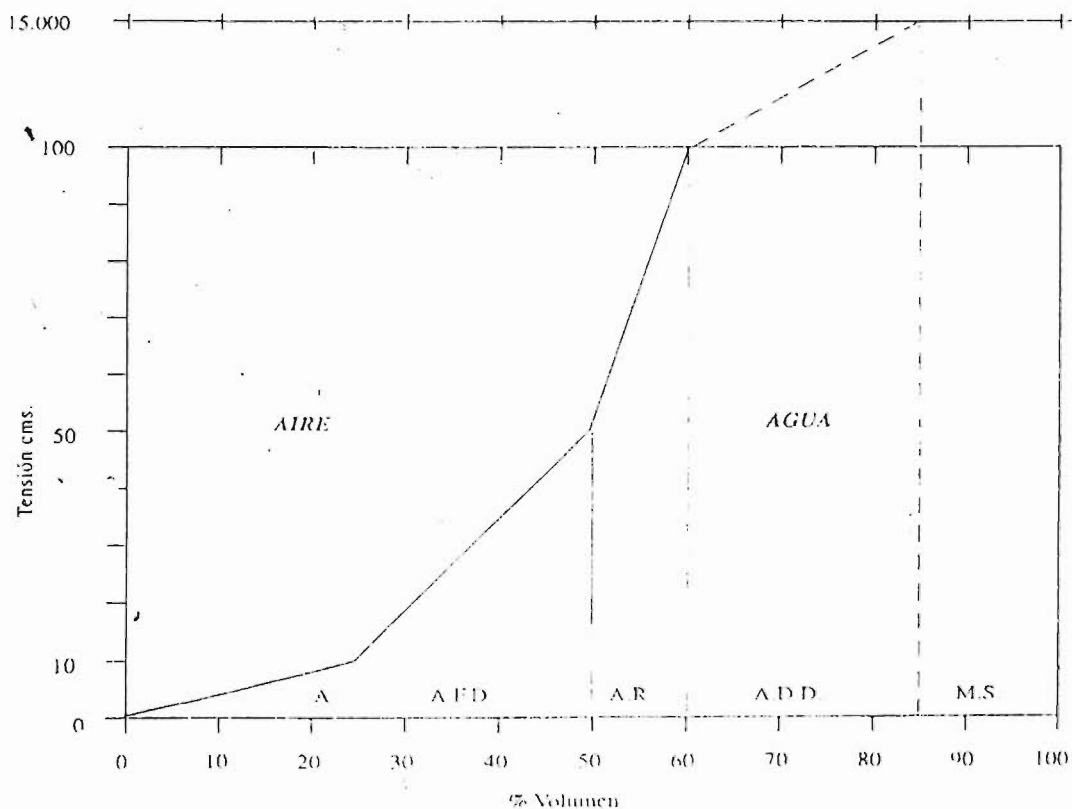
A: % de aire (25%)

A.F.D: % de agua fácilmente disponible (25%)

A.R: % de agua de reserva (10 %)

A.D.D: % de agua difícilmente disponible (25%)

M.S: % de material sólido (15%)



PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS SUSTRATOS

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre sustrato y la solución nutritiva que alimenta a las plantas. Esta transferencia es recíproca y puede ser debida a distintas reacciones.

a.- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es la propiedad de algunos sustratos de fijar o adsorber cationes en su superficie debido a la presencia de sustancias coloidales minerales u orgánicas.

En los suelos minerales se lo expresan como meq/100 g.de material, en los sustratos se utiliza la expresión meq/l.

Aquellos sustratos cuya CIC es baja o nula -menor de 10 meq/l- se denominan sustratos inertes : perlita, arcilla expandida, arena, etc.

En los sustratos activos se establece un intercambio entre la solución y el sustrato de forma que se alcanza un equilibrio. El uso de este tipo de sustrato presupone una preparación química especial de forma que el complejo de intercambio sea compatible con la solución nutritiva deseable para el cultivo.

b.- Insolubilización - solubilización e hidrólisis.

Estas reacciones producen a veces efectos negativos como por ejemplo de fitotoxicidad, efectos carenciales por precipitación o aumentos perjudiciales de la presión osmótica por disolución.

Esta claro que los sustratos no inertes presentan las ventajas derivadas del poder amortiguador y la fertilidad propia, pero el manejo de la fertirrigación se complica con respecto a los sustratos inertes.

c.- Biodegradación.

La materia orgánica de los sustratos orgánicos experimentan, como es natural, procesos de biodegradación. En caso de materiales de rápida degradación, estos deben ser previamente estabilizados mediante procesos previos de compostación.

La relación C/N es un primer indicador de la magnitud de la biodegradabilidad del sustrato en uso. Materiales con una relación C/N elevada sufriran una degradación lenta siempre que predominen materiales ricos en lignina.

CRITERIOS PARA LA ELECCION DE UN SUSTRATO

Los factores que deben considerarse para la elección de un sustrato son:

- a.- El sustrato debe asegurar un buen suministro de agua y aire.
Este suministro debe ser equilibrado en los distintos niveles del sustrato.
- b.- El sustrato debe permitir una buena circulación tridimensional de la solución nutritiva.
Esta exigencia será mayor cuanto peor sea la calidad del agua de riego.
- c.- Es importante la estabilidad física y química del sustrato y después debe asegurarse la misma al menos durante el período de utilización recomendado.
- d.- Es imprescindible la ausencia de patógenos y elementos tóxicos para las plantas a cultivar.
- e.- Cuanto menor sea la capacidad de cambio del sustrato, mejor control nutricional. Es conveniente un sustrato químicamente inerte.
- f.- El sustrato debe ser homogéneo en sus características y estas deben estar definidas y ser conocidas por el usuario.
- g.- Cuanto más ligero sea el sustrato más fácilmente podrá instalarse y los costos de dicha operación serán menores.

Soluciones Nutritivas.

Ing.Agr. Luis Balcaza.

SOLUCIONES NUTRITIVAS (*)

Un punto decisivo en el cultivo hidropónico es la composición de la solución nutritiva, pues deberá contener todos los elementos en forma adecuada y en cantidades proporcionales para que cumplan el papel que en los suelos efectúan los microorganismos y coloides.

La solución nutritiva es una solución acuosa que tiene oxígeno disuelto y todos los nutrientes totalmente disociados.

Dentro de esos elementos se encuentran los llamados macroelementos (N, P, K, S, Ca, Mg) y los microelementos (Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, B).

Los macroelementos se encuentran tanto como aniones (PO_4H_2^- , NO_3^- , $\text{SO}_4=$), como cationes (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+). Estos iones en disolución guardan entre sí una relación que esta influenciada por características químicas y fisiológicas.

Las concentraciones de los iones pueden expresarse de diferentes formas, y las mas utilizadas son mol (o mmol); Eq (equivalente) (o meq); y ppm (partes por millón). La adopción de una unidad es diferente según el país, en Estados Unidos y Gran Bretaña se usa mq/l o ppm, en Holanda mmol/l; en Francia meq/l, en España, en ciertos lugares meq/l y en otros mml/l.

Es oportuno recordar la definición de estas unidades:

1. Mol: es la masa atómica, molecular o iónica expresada en gramos.
Cuando se utiliza el mol debe expresarse en que cantidad elemental se hace.
Se utiliza en la práctica milimol (mmol/l), que es la milésima parte del mol.
2. Miliequivalente: el miliequivalente resulta de dividir la masa atómica de un átomo, o la molar de un radical iónico expresado en miligramos por la valencia del átomo o el radical.
3. Partes por millón: son los miligramos de una sustancia disueltos en un litro de agua.

(*) Ing. Agr. Luis Balcaza
UEEA INTA Gran Buenos Aires
(1893) Colonia Agrícola El Pato (Bs.As.)

TIPOS DE SOLUCIÓN NUTRITIVA

Se encuentran en la bibliografía infinidad de soluciones nutritivas que varían con el cultivo y el sustrato a utilizar.

En la práctica la solución adoptada dependerá de la experiencia y las condiciones de la región donde se la aplica.

Entre los diversos tipos de soluciones nutritivas se encuentran las llamadas universales como las de Hoagland y Cöic Lesaint

La mayoría de las plantas se comportan bien cuando se utilizan estas soluciones, pero la diversidad de factores que intervienen en la nutrición de una planta hacen bastante difícil obtener una solución para cada caso.

También se existen las soluciones preestablecidas que se creen mas adecuadas. Son las llamadas de "parámetros fijos" como la de Sonneveld.

Otro tipo de solución es la llamada de "parámetros variables" o de Steiner que se basa en que en una amplia gama de cultivos los iones son absorbidos de acuerdo a relaciones mutuas, una para aniones y otra para cationes, las plantas absorben los iones en forma selectiva en determinados intervalos de las relaciones mutuas.

Por otra parte existen métodos de realización de los cálculos de las relaciones nutritivas que teniendo en cuenta la calidad del agua de riego transforman a esta en una solución nutritiva y se calcula por aproximación la solución final.

Este método de calculo implica como primer paso analizar el agua de riego ya que lleva todos los iones disueltos y es imprescindible conocer su composición cualicuantitativa ya que esa cantidad habrá que descontarla de los aportes a realizar.

A veces algunos iones se encuentran en cantidades superiores a las necesarias como Ca^{++} , Mg^{++} , $\text{SO}_4=$. En el caso Na^+ y los Cl^- pueden ocasionar dificultades por ser fitotóxicas en cierta concentración o que aumenten en CE, que en algunos casos es beneficioso. Para hidroponia no debe pasar de 2,5 mS/cm.

La concentración iónica se expresa generalmente en meq/l, en nuestro caso se transformaran para su utilización practica en mmoles/l.

Los iones disueltos en agua de riego son:

Bicarbonatos (CO_3H^-), Carbonatos ($\text{CO}_3=$), Cloruros (Cl^-), Sulfatos ($\text{SO}_4=$), Nitratos (NO_3^-), Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Potasio (K^+), Sodio (Na^+)

De aparecer NO_3^- o PO_4H_2 en el agua indicaría la presencia de contaminantes. Además de esto hay que conocer la conductividad eléctrica (mS/cm), y pH por su influencia tanto sobre las relaciones iónicas como en el comportamiento del cultivo.

Una vez conocida la calidad del agua de riego y establecido el objetivo a alcanzar en cuanto a la concentración de la solución nutritiva a aplicar se inician los cálculos de la formulación.

Tomaremos un ejemplo con agua de riego con los siguientes valores expresados en mmoles/l

K: 0,05, CO₃H: 4,02, Mg⁺⁺: 1,52, SO₄⁼: 0,49, Ca : 0,88

y para un cultivo de tomate cuyos niveles de nutrientes a alcanzar en la solución final expresada en mmoles/l son:

NO ₃ ⁻ : 13	K ⁺ : 6,0	SO ₄ ⁼ : 1,25
NH ₄ ⁺ : 0,5	Ca: 4,0	CO ₃ H ⁻ : 0,5
PO ₄ H ₂ ⁻ : 1,5	Mg: 1,5	

Fe: 0,56 ppm	Mn: 0,56 ppm
Zn : 0,26 ppm	Cu: 0,03 ppm
B: 0,22 ppm	Mo: 0,05 ppm

Una vez que se conoce la composición del agua de riego se ajusta el pH con ácido fosfórico y/o nítrico según cada caso particular.

Luego de ajustar el pH el segundo paso es equilibrar los macroelementos, teniendo en cuenta la solubilidad y riqueza de cada uno de los fertilizantes a utilizar.

El tercer paso es ajustar los microelementos. La concentración se expresa en mg/l y los fertilizantes que puede utilizarse se encuentran en el cuadro siguiente

FERTILIZANTE	RIQUEZA (%)	PESO MOLECULAR
EDTA Fe	7,6 Fe	
Quelato Zn	70 Zn	
Sulfato Zn	23 Zn	287,5
Tetraborato de Na	11 B	381,2
Molibdato de Na	40 Mo	241,9
Sulfato de Mn	32 Mn	169
Sulfato de Cu	25	250

Luego se calcula la conductividad eléctrica final de la solución nutritiva por varios métodos. Uno es conocer la CE generada por las diferentes sales en 1 g/l y llevarlas a las concentraciones de la solución nutritiva.

Otro es expresar todos los iones en partes por millón y multiplicarlos por factores específicos de cada uno de ellos y sumarlos.

Una vez determinada la concentración de cada uno de los fertilizantes, se construye la solución madre en las concentraciones de 1 : 100 o 1 : 200.

En el anexo se encuentra una planilla que se utiliza para realizar los cálculos de la solución nutritiva para el caso tomado como ejemplo.

CALCULO DE SOLUCION NUTRITIVA

mmol/l		NO3-	SO4=	PO4H2-	Cl-	HCO3-	K+	Ca++	Mg++	NH4+	H3O+	Na+	pH	CE		Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Solucion Ideal		13	1,25	1,5	0	0,5	6	4	1,5	0,5	3,62	0	7	0,53		(ppm)					
Agua de nego		0	0,49	0	0	4,02	0,06	0,88	1,52	0	0	0				2	0,56	0,03	0,2	0,3	0,05
Aportes previstos		13	0,76	1,5	0	-3,52	5,96	3,12	0	0,5	3,52	0				Quelato de Fe (5%)		40			grs/m3
Ca(NO3)2	3,13	6,26						3,13								EDTA-Mn (10%)		5,6			grs/m3
NH4NO3	0,5	0,5								0,5						SO4Cu (25%)		0,12			grs/m3
H3PO4	1,25			1,25							1,25					SO4Zn (23%)		0,87			grs/m3
HNO3	2,27	2,27									2,27					BORAX (10%)		2,5			grs/m3
NO3K	3,99	3,99					3,99									MOLIBDATO de Na (40%)		0,125			grs/m3
K2SO4	0,98		0,98				1,96									SOLUCION MADRE 1 : 100					
SO4Mg	0		0						0							Quelato de Fe :			4000		grs/m3
PO4H2K	0			0			0									EDTA-Mn (10%)			560		grs/m3
PO4H2NH4	0			0						0						SO4Cu (25%)			12		grs/m3
SNr (mmol/l)		13,02	1,47	1,25	0	0,5	6	4,01	1,52	0,5	3,52	0	5,8			SO4Zn (23%)			87,0		grs/m3
SNr (meq/l)		13,02	2,94	1,25	0	0,5	6	8,02	3,04	0,5		0				BORAX (10%)			250		grs/m3
SNr (ppm)	1541,1	807,24	141,21	121,25	0	30,5	234,6	180,4	36,806	9		0				MOLIBDATO de Na (40%)			12,5		grs/m3
SUMA ANIONES =		17,71	meq/l													TOTAL			4921		grs/m3
SUMA CATIONES =		17,56	meq/l																		

CEI= 0,53 mS/cm

CEs= 2,17 mS/cm

DILUCION

1 : 100

(NO3)2Ca	(grs/m3)		*	(NO3)2Ca	56,66	Kg/m3
NO3NH4	40	* TANQUE A	**	NO3NH4	4,00	Kg/m3
SO4Mg	0	** TANQUE B	***	NO3H (37%)	31,42	l/m3
KNO3	403,36	*** TANQUE C	**	SO4Mg	0,00	Kg/m3
K2SO4	170,81		**	KNO3	40,34	l/m3
PO4H2K	0		**	K2SO4	17,08	Kg/m3
PO4H2NH4	0		**	PO4H2K	0,00	Kg/m3
NO3H	37 %	314,24 cc	**	PO4H2NH4	0,00	Kg/m3
H3PO4	60 %	129,22 cc	**	H3PO4 (60%)	12,92	l/m3
			*	MICRONUTRIENTES	4,92	Kg/m3

Sistemas y Manejo de Riego.

Ing.Agr. Guillermo Cascardo.

El Sistema de Riego en el Cultivo Sin Suelo "Abierto"

Ing. Agr. Guillermo Cascardo(*)

El sistema de riego que aportará la solución nutritiva a un cultivo sin suelo tiene que estar diseñado en función del sistema hidropónico a adoptar.

Nos ocuparemos del sistema de riego localizado o por goteo, utilizado en la producción de hortalizas en sustrato con solución perdida o drenaje libre (sistema "abierto"). El sistema está compuesto básicamente por:

- * Estación de bombeo: provee el agua en volumen y a presión.

- * Cabezal: es la parte más importante del sistema desde donde se controlan las operaciones de riego y nutrición de un cultivo. En él se encuentran los filtros, el sistema de inyección de fertilizantes, los reguladores de presión, caudalímetros, válvulas de cierre, sensores de pH y conductividad, tanques de soluciones fertilizantes^(*), ácidos.

- * Sistema de distribución: tuberías principal, secundarias, terciarias, laterales de riego (a estos últimos también se los llama portaemisores).

- * Emisores: por donde llega la solución a las plantas. Los más utilizados en el cultivo sin suelo son microtubos -0.5-0.8 mm- y goteros con soporte, aunque se pueden utilizar otros. La distancia entre emisores dentro del lateral depende del contenedor y del sustrato utilizado, generalmente se coloca un gotero por planta.

Es esencial que el sistema garantice que la solución nutritiva llegue a la planta con la concentración de nutrientes, el pH, la conductividad eléctrica, la dosis y la frecuencia precisas y sin precipitados o partículas que puedan obturar los emisores.

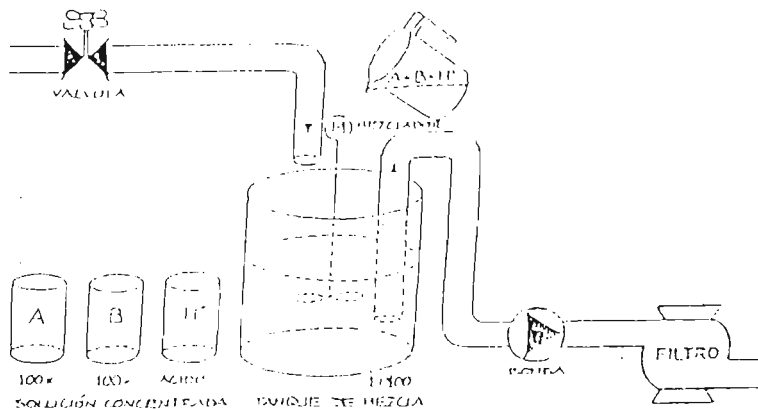
(*) Técnico Grupo Suelos y Agrometeorología - FEA INTA San Pedro
Ruta 9 km 170 - 2930 - San Pedro, Bs.As.

Técnicas de preparación de soluciones nutritivas

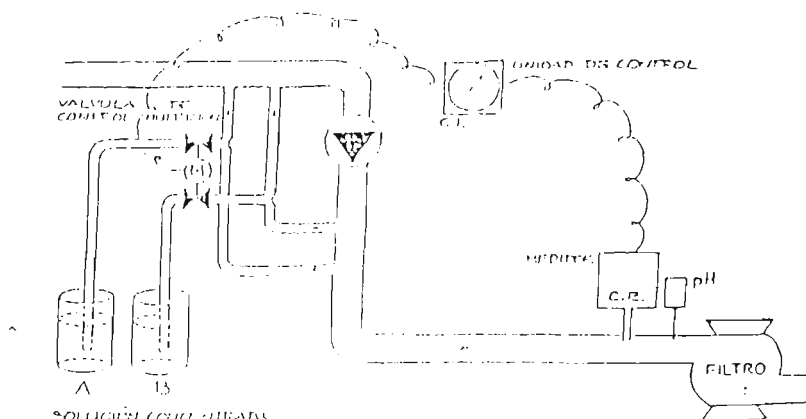
La producción sin suelo requiere de riego con solución nutritiva, por lo cual es de vital importancia adquirir un sistema de fertilización adecuado.

La solución nutritiva que llega a las plantas se puede preparar de las siguientes formas:

- Tanque de mezcla: La solución nutritiva se prepara previo a su distribución. El agua, las soluciones madres y el ácido se mezclan en un tanque de mezcla y la solución resultante es bombeada a las plantas. Esto puede realizarse de forma manual o puede estar automatizado, con inyectores de fertilizantes y sensores de pH y conductividad eléctrica. De esta manera la solución distribuida a las plantas resulta homogénea. Es conveniente contar con un mezclador, el cual no debe funcionar mientras se esté regando.



- Preparación continua: a medida que circula el agua por las cañerías se van inyectando (ver más adelante) las soluciones madres y el ácido que se encuentran en depósitos. Esta forma no es tan precisa ya que depende de partes mecánicas que pueden incurrir en error.



La elección de una u otra forma de preparación de la solución nutritiva va a depender principalmente del volumen de agua a tratar, de la diversidad de especies a regar y del costo de cada uno.

La inyección de los fertilizantes se puede efectuar mediante la utilización de:

- Venturi: Es un tubo con una estrechez en el centro que hace disminuir la velocidad del agua y como consecuencia se produce la succión del fertilizante. La regulación del ritmo de succión se realiza mediante tornillos, boquillas, goteros, válvulas.

Principales ventajas: - Bajo precio.

- Fácil operación.

- Concentración uniforme de la solución.

Principales desventajas:

- Altas pérdidas de presión (hasta 30%).
- Alta dependencia de la presión de la red.
- Difícil automatización.

- Inyectores dosificadores proporcionales: la inyección es proporcional al volumen de agua que pasa por la red. Son los más convenientes ya que, si por alguna razón se ve afectado el caudal que pasa a través de la red varía la cantidad de solución madre inyectada. La principal desventaja es la alta dependencia de la presión de la red.

- Bombas de inyección: + pistón, + diafragma + centrífuga, + cilindros. Estas bombas funcionan con distintas fuentes de energía: - hidráulica (presión del agua); - eléctrica; - motor a combustión; - toma de fuerza; etc.

Principales ventajas: - No hay pérdidas de presión

- Fácil conexión y automatización

Principales desventajas:

- La cantidad de fertilizante puede variar con el caudal.
- Con algunas de ellas la solución nutritiva no resulta perfectamente homogénea porque inyectan por pulsos.
- Precio relativamente alto.
- Operación un poco más compleja.
- Desgaste de partes móviles.

La inyección de fertilizantes de las bombas se puede regular por: - válvula reguladora de descarga que controla los pulsos por minuto; - dosificador hidráulico de distintos diámetros; - válvula volumétrica con interruptor; - regulación electrónica y por computadoras.

La elección de una u otra forma de inyección de fertilizantes dependerá de las necesidades de fertilización para cada caso en particular.

Características principales de las bombas hidráulicas y eléctricas de pistón y diafragma

	I	II	III	IV
Capac. Inyección (l/h)	10- 250	hasta 320	7 - 50	55-270
Pres. trabajo (bares)	1.8 - 8	0.5 - 8	4 - 10	2 - 10
Volúmen / ciclo (cc)	250	33	-	-

I: Bomba hidráulica de diafragma.

II: Bomba hidráulica de pistón.

III: Bomba eléctrica de diafragma.

IV: Bomba eléctrica de pistón.

Filtrado

En el sistema de riego para cultivos sin suelo es importante la estación de filtrado para prevenir obturaciones de los emisores, lo cual afecta la uniformidad del riego y por lo tanto la del cultivo. Dichas obturaciones pueden ser de origen físico (arena, limo, arcilla); químico (precipitados, sales) o biológico (algas, bacterias). De acuerdo a la naturaleza de la obturación se utilizan distintos tipos de filtros:

- Hidrociclones y piletas decantadoras para arenas y limo.
- Filtro de grava y arena para algas y bacterias.
- Filtro de malla y anillas para arcillas y precipitados.

Manejo del Riego en Cultivo Sin Suelo

Cada sistema de cultivo sin suelo "abierto" (conjunto de sustrato y contenedor) requiere de un determinado manejo del riego con el objetivo de maximizar los rendimientos.

En el riego de cultivos sin suelo con solución perdida a la cantidad de solución calculada a aplicar, hay que sumarle un volumen extra de un 20 - 30 % en concepto de lavado. Esta solución adicional tiene como objetivo evitar la acumulación de sales en la zona radicular, porque una elevada C.E. puede resultar perjudicial para la planta.

El riego se puede manejar básicamente de dos maneras:

- a frecuencia fija y dotación variable
- a frecuencia variable y dotación fija.

En el cultivo sin suelo el manejo más conveniente es el segundo. Una vez que se conoce la dotación de riego se varían las frecuencias de acuerdo a las necesidades del cultivo. Las necesidades cambian de un día para otro y dentro del mismo día. Si regamos a intervalos fijos tendremos volúmenes de drenajes muy altos en la mañana y al mediodía, muy bajos, lo cual afecta la C.E. de la solución cerca de las raíces que repercute principalmente en la calidad del producto.

El riego tiene que cubrir las necesidades hídricas de las plantas y asegurar el suministro de oxígeno a las raíces. El logro de este objetivo está sujeto a: las características físicas del sustrato, al volumen de sustrato disponible por planta y al funcionamiento de los drenajes.

Algunas cuestiones sobre el oxígeno:

- Su difusión en agua es 10000 veces menor que en el aire.
- Cuanto mayor es la temperatura a nivel de raíz se incrementa la demanda de O_2 .
- A mayor temperatura menor es la difusión por menor solubilidad del O_2 en agua.
- La demanda de oxígeno por la raíz se incrementa con el aumento de la conductividad eléctrica.

Debido a que en los cultivos sin suelo se utilizan volúmenes de sustrato bajos y debe asegurarse la aireación de las raíces, no es posible que un sustrato almacene toda el agua que requiere un cultivo diariamente, por lo tanto se hace necesario regar varias veces en el día.

La alta frecuencia de riego requerida en este sistema de producción demuestra la importancia de la automatización del riego y la fertilización. De esta forma, se logra facilitar el trabajo de los operarios y aumentar la eficiencia en el uso de los recursos (agua, fertilizantes, ácido, instalaciones, etc.).

La cantidad de agua a aportar en una jornada está ligada al requerimiento por parte del cultivo, lo cual es difícil de conocer con precisión. Varios son los factores que influyen éste consumo:

- de cultivo: especie, variedad, estado fenológico;
- climatológicos: radiación, temperatura, humedad, viento;
- de nutrición y estado de humedad del sustrato.

A partir de los datos climáticos se calcula, por diversos métodos, la evapotranspiración (consumo de agua) potencial del cultivo de referencia (ET_0). Conociendo los coeficientes de cultivo según estado de desarrollo (K_c) se obtiene el consumo de agua diario ET_c ($ET_0 \times K_c$).

Estos valores a nivel local no están disponibles por lo que se utilizan datos de otros países, siendo necesaria una adaptación para nuestras condiciones de cultivo. Obtenidos estos valores se requiere de una adaptación de la lámina de agua a las condiciones particulares de cada parcela.

Consumo de solución nutritiva por kilogramo de producto de algunos cultivos para situaciones particulares (Martínez Caldevilla y García Lozano):

Pepino en perlita con 20 % drenaje 39.9 l/kg

Pimiento en lana de roca 77 l/kg

Pimiento en perlita 54 l/kg

Tomate en perlita 58 l/kg (EEA INTA San Pedro)

El número de riegos diarios y la dotación de riego (cantidad de agua aplicada en un riego) necesarios para cubrir las necesidades de la planta, asegurando la oxigenación de las raíces, dependerá del:

Sistema de cultivo: caracterizado por el sustrato y volumen de sustrato por planta. Es importante conocer la curva de retención de agua del sustrato (Gráfico I) para determinar que volumen de agua está fácilmente disponible para la planta (% de agua retenida a 10 cm menos % de agua retenida a 50 cm de tensión). (Ver gráfico página siguiente)

El manejo de los sustratos, en términos generales, más difundidos se puede resumir de la siguiente manera:

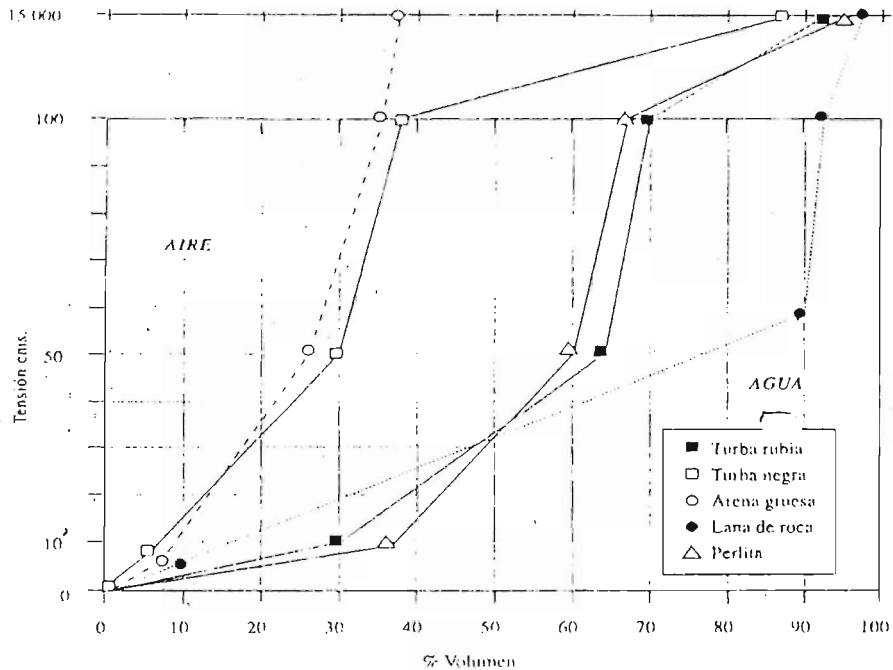
* Perlita - Turba rubia: tienen un manejo flexible del riego, alta capacidad de aireación y agua fácilmente disponible.

* Turba negra - Arena: tienen serios problemas de asfixia radicular si se riegan excesivamente, la frecuencia debe ser alta, dada la baja capacidad de aireación y agua fácilmente disponible.

* Perlita gruesa - Arcilla expandida - Corteza poco compostada - Gravas: tienen una alta capacidad de aireación pero agua disponible baja, lo cual obliga a riegos frecuentes con dosis bajas. Se los utiliza como aireadores de los sustratos citados anteriormente.

* Lana de roca - Lana de vidrio: elevada agua disponible, muy poca reserva lo cual obliga a tener una alta frecuencia de riego con una dotación bien ajustada a la demanda.

Curvas de retención de agua de algunos sustratos.



Conociendo estos valores y los de ETc se puede determinar el número de riegos diarios, aunque siempre es necesario un ajuste sobre el terreno.

Cuanto mayor sea el número de riegos diarios mayor será la desuniformidad del riego y del cultivo, sobretodo si no se utilizan goteros con membrana que impidan la descarga de las cañerías luego de cada riego.

La duración de cada riego va a depender del volumen de reposición y del caudal del gotero (l/hora).

Pasos a seguir para la programación del riego:

- 1º- Definir la unidad de cultivo (m^2 , m lineal saco, etc)
- 2º- Determinar el agua útil, en litros por unidad de cultivo, a partir de las dimensiones del contenedor y de las características del sustrato.
- 3º- Establecer el % de agua útil a aprovechar y el % de drenaje para lavado de sales, sumados indican la dotación de riego.
- 4º- Conociendo el caudal de nuestro sistema de riego, calcular la duración de cada riego.
- 5º- Determinar necesidades hídricas diarias de la unidad de cultivo (ETc).
- 6º- Con el dato de ETc diario y la dotación de cada riego determinar el número de riegos diarios.

Dada la dificultad de obtener todos los datos requeridos para la programación del riego, y aunque fuera posible, es de suma utilidad conocer la evolución del contenido de agua en el sustrato. Este cálculo se utiliza como una herramienta más para ajustar el manejo del riego.

En este tipo de producción el estado hídrico de un sustrato puede determinarse por varios métodos. Los más utilizados son:

1. Gravimétrico. Por diferencia de pesadas. El consumo de agua provoca el descenso del peso del conjunto sustrato-planta. Cuando este alcanza un valor mínimo preestablecido, se aplica solución hasta alcanzar el peso inicial.

2. Tensiométrico. Mediante el uso de un instrumento llamado tensiómetro.

Los sustratos utilizados en cultivo sin suelo trabajan a bajas tensiones. Entre tensiones de 10 a 50 cm (1 a 5 cb) se encuentra el agua fácilmente disponible y entre 50 y 100 cm (5 a 10 cb), el agua de reserva.

La máxima lectura de un tensiómetro no debería superar los 100 cm (10 centibares). Por lo tanto, se necesita un instrumento que registre tensiones muy bajas y tenga alta precisión y sensibilidad para detectar cambios pequeños de tensión.

Para utilizar el tensiómetro como instrumento de control de momento y lámina (dotación) de riego se debe conocer la curva de retención de agua del sustrato y el volumen de sustrato por planta.

Otro parámetro a tener en cuenta para confirmar el correcto manejo del riego es la medición de la conductividad eléctrica (C.E.) de la solución de drenaje.

La C.E. del drenaje debería ser igual a la C.E. de la solución de riego. Si la C.E. del drenaje es menor que la C.E. del riego, la fertilización es deficiente. Si la C.E. del drenaje es muy superior a la C.E. del riego, puede ocurrir que la fertilización sea excesiva (NO_3 drenaje > NO_3 riego) o que haga falta aumentar el volumen de riego.

CULTIVOS SIN SUELO

EXPERIENCIAS CICLO 1993/94

GRUPO SUELO Y AGROMETEOROLOGÍA

ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA INTA SAN PEDRO

Ruta 9 km 170 CC 43 (2930) San Pedro Bs. As.

Producción hortícola sin suelo, experiencias iniciales

A.T. Amma y G. Cascardo

EEA INTA San Pedro, c.c. 43, 2930 San Pedro (Buenos Aires) Argentina.

Resumen: En el ciclo 1993/94 se condujo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA de San Pedro, una experiencia tendiente a obtener información básica sobre la producción de tomate en sistema sin suelo.

Se evaluó el comportamiento de tres sustratos - arcilla expandida, granulometría 3-10 mm; arcilla expandida mezcla granulometría 3-10 y 0-3 mm, relación 1:1 v/v; perlita agrícola ; dos tipos de sacos , tradicional y negro, dos híbridos de tomate - Bonanza (Takii Seed Co.) y Tommy (Hazera).

Producción sin suelo, sistema abierto con un drenaje de 10-20% y solución nutritiva completa (SONNEVELD, 1985).

Se determinaron rendimiento de fruto comercial , mayor de 100 gr., fruto de segunda, menor de 100 gr., frutos con podredumbre apical (BER).

No se detectaron diferencias significativas en rendimiento de fruto comercial y total entre variantes ni interacciones.

Las plantas que se desarrollaron en saco negro produjeron mayor cantidad de frutos de segunda. Hubo diferencias significativas en la proporción de frutos con podredumbre apical (BER) entre híbridos y sustratos, Bonanza mayor que Tommy y perlita mayor que arcilla expandida.

Palabras clave: cultivo sin suelo, tomate, arcilla expandida, perlita, sustrato.

Introducción

La producción hortícola bajo cubierta en la Argentina se ha desarrollado, fundamentalmente, en la última década. Este sistema de producción permite obtener altos rendimientos cuali-cuantitativos y durante todo el año en invernáculos no calefaccionados, recurriendo a las diversas condiciones ambientales que ofrece nuestro territorio.

El abastecimiento del mercado con productos de alta calidad y durante las distintas épocas del año han modificado las exigencias del consumidor que ha

incidido directamente en la expansión registrada en el cultivo bajo cubierta. En la actualidad, la totalidad de la producción se realiza en suelo, enriquecido y mejorado físicamente con el agregado de enmiendas orgánicas, químicas y fertilizantes. Este sistema tradicional, a través de los años, ha conducido y conduce a un deterioro de las condiciones edáficas que inciden negativamente en su capacidad productiva. Los suelos presentan problemas de salinidad, desbalances nutricionales, enfermedades, plagas, napas freáticas contaminadas, acumulación de sustancias tóxicas, etc. Dadas estas condiciones y considerando la creciente y rápida tecnificación del sistema de producción y la necesidad de evitar la contaminación ambiental por un lado y obtener productos con bajo residuo de plaguicidas por el otro, se ha creído conveniente desarrollar, en la EEA INTA de San Pedro, líneas de trabajo tendientes a obtener información básica de producción sin suelo en sus distintas variantes que permitan realizar evaluaciones técnico-económicas.

Los distintos sistemas hidropónicos pueden agruparse en: a) cultivos en contenedores - sacos, macetas, cajoneras, etc. - con sustratos diversos - perlita, arcilla expandida, lana de roca, turba, etc - (BAUERLE, 1984, BRUN et al., 1985; GRAINFERNBERGER, 1989; MORI et al., 1989) y b) en sistema N.F.T (Nutrient Film Technique); se realiza normalmente en canaletas sin sustrato y con solución nutritiva recirculante (COOPER, 1979; MARTIGNON, 1993).

En el ciclo 1993/94 se estableció una experiencia con la finalidad de evaluar el comportamiento de tres sustratos inertes, dos tipos de sacos como contenedores y dos híbridos de tomate en sistema de cultivo sin suelo.

Material y método

En la producción sin suelo, el sustrato tiene una función de sostén dado que las exigencias hídricas y minerales de las plantas son satisfechas por el suministro de una solución nutritiva completa a través de un sistema de riego por goteo. Sin embargo, el sustrato, debe asegurar condiciones físico-químicas que favorezcan el desarrollo radicular y el normal aprovisionamiento de nutrientes (LEONI et al., 1990). Los mayores inconvenientes de este sistema se encuentra ligados a las posibilidades de producirse condiciones de asfixia radicular y/o excesiva salinidad del sustrato con el consiguiente efecto negativo sobre el desarrollo y la producción (BAUERLE et al., 1985; SONNEVELD et al., 1984).

Otro punto crítico lo constituye la necesidad de reutilizar los sacos por varios ciclos culturales, obviamente con la finalidad de reducir el costo de los mismos. En la reutilización de los sacos puede constatarse una reducción en el desarrollo y productividad de las plantas como resultado de una modificación en las características físico-químicas del sustrato. Modificaciones producidas por el desarrollo de raíces y a la continua fertirrigación - valores altos de pH y C.E., reducción de la porosidad, sobre todo macroporosidad, eventuales problemas de patógenos, etc. - (PARDOSSI et al., 1989).

Tratamientos

a: Sustratos. Se tomó en consideración tres sustratos inertes:

a.1: Arcilla expandida, granulometría 3-10 mm de diámetro.

a.2: Arcilla expandida mezcla, 50% granulometría 3-10 mm y 50% de 0-3 mm de diámetro, respectivamente.

a.3: Perlita agrícola.

b: Sacos. Los utilizados normalmente en el cultivo sin suelo son bicapa, blanco por fuera y negro por dentro. Debido a que en nuestro mercado no existe este producto se incluyó en la experiencia el saco negro para su comparación, producto que se utiliza para conducción de agua para riego.

b.1: Saco bicolor, blanco por fuera y negro por dentro.

b.2: Saco negro.

Los sacos, de 1,20 m de largo, se confeccionaron utilizando mangas de polietileno negro de 25 cm. de ancho x 300 micrones de espesor. Los sacos blancos se obtuvieron recubriendo los negros con una lámina de polietileno blanco de 100 micrones de espesor.

c: Cultivares de tomate.

c.1: Bonanza F1 Híbrido Takii Seed Co. Japón.

c.2: Tommy Híbrido Hazera. Israel.

Diseño experimental: Parcelas sub-subdivididas, seis repeticiones.

Tratamiento principal: Cultivares

Subtratamiento: Tipos de sacos.

Sub-subtratamiento: Sustratos.

Unidad experimental: 1 saco con tres plantas, separadas a 0,40 m. Distancia entre líneas apareadas 0,50 m, con un camino de 1 m. entre cada par de líneas de sacos.

Plantines. En los cultivos con sustratos, normalmente los plantines se obtienen en cubos de lana de roca; dado que en nuestro país no es posible conseguir tal material, se obtuvieron colocando 1 semilla pregerminada en cada maceta de polietileno de alrededor de 250 cc. teniendo perlita como sustrato. Ensayos efectuados a posteriori en la E.E.A. San Pedro se constató un mejor comportamiento de la mezcla 1/4 turba + 3/4 perlita que perlita sola (AMMA et al., 1994). El riego se efectuó con solución nutritiva

Al trasplante, se eliminó el fondo de las macetas para permitir el desarrollo del sistema radicular en el sustrato contenido en los sacos.

Invernáculo e instalaciones especiales. El ensayo se ubicó en invernáculo tipo túnel con estructura metálica y cubierta de polietileno de 8,0 m de ancho por 52 m. de largo. El piso fue nivelado, con una pendiente entre 0,5 y 1% y cubierto con polietileno transparente de 200 micrones de espesor.

Los sacos se ubicaron sobre ladrillos cerámicos de 15cm x 30cm x 8cm con una lámina de polietileno blanco de 100 micrones de espesor que formaba una canaleta entre ambas filas de sacos; esta canaleta condujo la solución de drenaje hacia un extremo del invernáculo en donde se lo recolectó en un recipiente colocado a su efecto.

La solución de trabajo se almacenó en dos tanques de fibra de vidrio de 1000 litros de capacidad cada uno. Desde allí se bombeó, mediante una bomba de acero inoxidable de 1/2 HP y una red de distribución constituido por tubos de polietileno y goteros, de 1 1/2 litros/hora de caudal, por planta. Se efectuaron de 4 a 5 riegos diarios diurnos de 15 minutos por vez, por medio de un "timer", de acuerdo al desarrollo vegetativo de las plantas y condiciones ambientales.

Solución nutritiva. Se utilizó una solución nutritiva completa (SONNEVELD, 1985).

Composición solución nutritiva - en mmol / l-

Fertilizante	NO ₃	PO ₄ H ₂	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
NH ₄ NO ₃	0,5			0,5			
KH ₂ PO ₄		1,25			1,25		
Ca(NO ₃) ₂	7,0					3,5	
KNO ₃	4,25				4,25		
MgSO ₄			1,0				1,0
	11,75	1,25	1,0	0,5	5,50	3,5	1,0

Composición solución nutritiva microelementos

Fertilizante	Concentración elemento micromol / l.
Quelato de Fe 6%	10 Fe
Sulfato de manganeso	10 Mn
Sulfato de Zinc	4 Zn
Borato de sodio	20 B
Sulfato de cobre	0,5 Cu
Molibdato de sodio	0,5 Mo

Conducción del cultivo y cosecha

La siembra de las semillas pregerminadas de tomate en macetas con perlita como sustrato se realizó el 14/1/94 y el trasplante a los sacos el 11/2/94. Se comenzó la experiencia tardíamente con el objeto de hacer coincidir el comienzo del ciclo con el período de altas temperaturas; de esta manera se puso a prueba la adaptabilidad de los sacos negros como contenedores.

Las plantas se condujeron a un tallo y tutorado con hilo de polietileno. Se recolectó frutos hasta el sexto ramillete floral, para ello se cortó el tallo principal por encima de la hoja que desarrolló sobre el último ramillete cosechado.

Los frutos se clasificaron en primera -sanos y de tamaño mayor a 100 g. - segunda o descarte -menores de 100g- y con podredumbre apical -BER-; se determinó número de frutos y peso por categoría. Se efectuaron 16 recolecciones en total, comenzando el 12/4 y finalizando el 30/6/94.

Resultados y discusión

Rendimiento de frutos

Los rendimientos de frutos totales y de primera no muestran diferencias significativas entre variantes ni entre interacciones (LEONI et al., 1988; LEONI et al., 1990) llegaron a idénticos resultados con respecto a comportamiento de distintos sustratos, entre ellos perlita y arcilla expandida, y de 24 híbridos diferentes. En este último, se comparó producción en saco con perlita como sustrato y producción tradicional en suelo; en todos los casos se obtuvo mayor rendimiento en cultivo sin suelo y sin diferencias entre híbridos. En nuestro

caso, se considera que los rendimientos obtenidos pueden mejorarse en un período productivo primavero-estival y logrando un mejor ajuste en la técnica de cultivo; de manera especial en lo referente a preparación de los sacos - uniformidad de textura de la perlita y grado de compactación de sustrato- y tiempo y frecuencia de suministro de nutrientes.

Con respecto a color de saco, solo se observó diferencias significativas en la producción de tomate de segunda, mayor cantidad en las plantas que desarrollaron en sacos negros.

Variantes	Rend. Fruto 1a. g/planta	Rend. Fruto 2a. g/planta	Rend. Fruto g/planta	Total kg/ha
<i>Híbrido</i>				
Tommy	2.926,8	244,0	3.317,5	109.478
Bonanza	2.714,2	166,0	3.288,0	108.504
L.S.D. 5%	N.S.	N.S.	N.S.	
<i>Color Saco</i>				
Blanco(bicolor)	2.841,1	137,8 a	3.310,9	109.260
Negro	2.778,0	269,0 b	3.291,2	108.610
L.S.D. 5%	N.S.	76,2	N.S.	
<i>Sustrato</i>				
A.Exp. Mezcla	2.969,6	229,8	3.463,6	114.299
A.Exp. Gruesa	2.806,4	207,7	3.156,3	104.158
Perlita	2.668,9	169,8	3.279,4	108.220
L.S.D. 5%	N.S.	N.S.	N.S.	

Hubo diferencias significativas en la proporción de frutos con podredumbre apical -Blossom end rot. BER- entre híbridos y entre sustratos. Se ha detectado mayor cantidad de podredumbre apical en Bonanza y perlita. Una de las posibles causas de ello puede haber sido el hecho de que en ambos casos hubo una maduración más temprana, coincidiendo con el período de temperaturas más altas. En el caso de la perlita se registró una mayor salinidad en el medio debido, posiblemente a un menor porcentaje de drenaje. La incidencia de la podredumbre apical varía con las condiciones ambientales -baja humedad relativa, alta temperatura- y del medio de cultivo -alto contenido salino, inadecuada aireación del sistema radicular, etc- (MORI et al., 1989).

b: Frutos con podredumbre apical

Variante	Podredumbre apical	
	arco seno V%	% Retransf.
Híbrido		
Tommy	12,0 a	4,3
Bonanza	18,0 b	9,6
L.S.D. 5%	4,4	
Color Saco		
Bicolor	17,0	8,6
Negro	13,0	5,1
L.S.D. 5%	N S.	
Sustrato		
Arc. Exp. Mezcla	12,0 a	4,3
Arc. Exp. Gruesa	14,5 a	6,3
Perlita	20,0 b	11,7
L.S.D. 5%	4,4	

Conclusiones

Es posible obtener buenas producciones cuali-cuantitativas de tomate en cultivo hidropónico abierto -cultivos en sacos con sustratos inertes-; aunque para ello es necesario ajustar ciertos aspectos de la técnica cultural -tiempo y periodicidad de suministro de nutrientes según época de cultivo y fase fenológica, C.E. del medio- y lograr materiales adecuados -técnico económico- para su uso como contenedores y sustratos con condiciones físico químicas que permitan eficientizar el uso del agua y nutrientes por parte de las plantas.

Bibliografía

- AMMA A. y CASCARDO G. (1994). *Evaluación de sustratos para la obtención de plántulas de tomate*. Inf para Ext. Serie: Clima y Suelo. E.E.A. San Pedro. (en prensa).
- BAUERLE W.L. (1984). *Bag culture production of greenhouse tomatoes*. The Ohio St. Univ. Ohio Agric. Res. Devlp. Center. Wooster. Special Circ. 108.
- BRUN R., CODRON J.M., FRISSANT N., MARLE D., JEANNEQUIN B. y REMY J. (1985). *Les Jardinières du Hors sol innovation et Production de Tomates dans le*

- Raussillon. Ministère de l'Agriculture. Institut National de la Recherche Agronomique. INRA. Alenya, Montpellier. Paris. 189 pp.
- COOPER A.J. (1979). *The ABC of NIT*. Grower Books, London.
- GRAINFENBERG A. (1989). *Le tecniche di produzione. L'impiego dei substrati*. L'Italia Agricola N°1 (153-162).
- LEONI S., CADINU M., GRUDINA R. and MAJDELDU B. et al. (1988). *Results from three tomato cultivation cycles in soilless culture in Mediterranean environment*. Seventh Int. Cong. Soilless culture. Proceeding. Erevanhof.
- LEONI S., GRUDINA R., CARLETTI M.G. y PISANU B. (1990). *Risposta biologica e produttiva ottenuta da 24 ibridi di pomodoro coltivati su perlite*. Colture protette N°11.
- MARTIGNON G. y PARDOSSI A. (1993). *Tecniche di coltivazione "senza Suolo"*. L'Informatore Agrario Supplemento 7 (61-65).
- MORI B., PARDOSSI A. y TOGNONI F. (1989). *La coltivazione del pomodoro in idroponica*. L'Informatore Agrario 31 (57-59).
- PARDOSSI A., TOGNONI F. y SERRA G. (1989). *Esperienze sulla coltivazione senza suolo del pomodoro in serra*. Colture Protette N° 5 (81- 84).
- SONNEVELD C., WELLES G.H.W. (1984). *Growing vegetables in substrates in the Netherlands*. VI International Congress on soilless culture. I.S.O.S.C. Proceedings.
- SONNEVELD C. (1985). *A method for calculating the composition of nutrient solutions for soilless cultures*. Second translated edition. N° 10. Glasshouse Crops Research and Experiment Station. Naaldwijk. Netherlands. 13 pp.

Abstract: In 1993/94 an experiment aimed at the acquisition of basic information on tomato soilless production was carried out in San Pedro Agricultural Experiment Station INTA.

The effects of three substrates, expanded clay 3-10 mm granules, expanded clay mixture (1:1 v/v) 3-10 and 0-3 mm granules, agriperlite and two bag types, traditional and black coloured, on two tomato hybrids, Bonanza (Takii Seed Co.) and Tommy (Hlamera) in open soilless culture, using 10-20% drainage and nutrient solution according to SONNEVELD C., 1985, were evaluated.

Commercial fruit yield, good quality and more weight than 100 g., second quality fruit, less weight than 100 g., and fruit affected with blossom end rot was evaluated in each harvest.

Commercial fruit and total fruit yields between treatments and interactions were not significant. Plants grown in plastics black coloured bags produced more quantities of second quality fruits.

Significant differences in the rate of fruits affected with Blossom End Rot between hybrids and substrates were observed. Bonanza and agriperlite had more proportion of fruits affected than Tommy and expanded clay.

Key words: soilless culture, tomato, substrates, expanded clay, agriperlite.

Riassunto: Nel ciclo 1993/94 si condusse nella Stazione Sperimentale Agrozootechnica INTA San Pedro una esperienza tendente ad ottenere informazione di base sulla produzione del pomodoro in coltura senza suolo.

Si valutò il comportamento di tre sub-strati: -argilla espansa, granulometria 3-10 mm; -argilla espansa mescolata, granulometria 3-10 mm, nella relazione 1:1 v/v; -perlite agricola; due tipi di sacchi: -tradizionale e nero -due ibridi di pomodoro: -Bonanza (Takii Seed Co.) e Tommy (Hlazer).

Produzione senza suolo, sistema aperto con drenaggio di 10-20% e soluzione nutritiva completa (SONNEVELD, 1985).

Si determinarono i rendimenti del frutto commerciale: - maggiore di 100 g., - frutti di seconda: -minori di 100 g., e - frutti con marciume apicale (BER).

Non si evidenziarono differenze significative nè tra le varianti nè tra le interazioni del rendimento del frutto commerciale e totale .

Le piante che si svilupparono nel sacco nero produssero maggiori quantità di frutti di seconda.

Si ebbero differenze significative tra frutti con marciume apicale (BER) ed ibridi e substrati, Bonanza maggiore del Tommy e perlite maggiore dell'argilla espansa.

Parole chiave: cultura senza suolo, pomodoro, argilla espansa, perlite, substrato.

- INFORME PARA EXTENSIÓN -

SERIE SUELO Y CLIMA - EEA INTA - SAN PEDRO

"EVALUACION DE SUSTRATOS PARA LA OBTENCION DE PLANTINES DE TOMATE"

Anima, Adolfo T.[†]; Cascardo, Guillermo^{**}

Introducción

La superficie destinada a la producción de hortalizas bajo cubierta plástica ha tenido un fuerte incremento en los últimos años.

Esto es consecuencia de un progresivo cambio tecnológico con el cual se logra ampliar el período de producción, aumentar los rendimientos por unidad de superficie y mejorar la calidad comercial del producto.

Debido a esto se hace necesario desarrollar técnicas de cultivo para este creciente sistema de producción y para una nueva técnica de cultivo como lo es el cultivo sin suelo.

Para poder lograr los objetivos principales del cultivo bajo invernáculo (mayor producción por superficie, producción fuera de época, mejor calidad comercial, regularidad de vegetación y recolección) es necesario iniciar el cultivo con plantines de calidad.

Un plantín de calidad es aquel que reúne las siguientes características:

- identidad varietal
- sano
- homogéneo
- fisiológicamente joven
- con alto potencial de crecimiento después del trasplante

Muchas veces problemas como bajos rendimientos, enfermedades y pérdidas de precocidad son atribuibles a la mala calidad del plantín.

Para lograr un plantín de calidad, con el objetivo de minimizar stress del trasplante y lograr un rápido restablecimiento del mismo, es necesario tener un control adecuado de todos los factores que

[†] Ing. Agr. Ms. Sc. Técnico Grupo Suelos y Agrometeorología EEA-INTA San Pedro.

^{**} Ing. Agr. Técnico Grupo Suelos y Agrometeorología EEA-INTA San Pedro.

afectan el desarrollo de las plantas.

Un factor muy importante que repercute en el desarrollo de los plantines es el tipo de sustrato utilizado.

En la actualidad para producir plantines de tomate se utilizan distintos tipos de sustratos. Como ejemplo se pueden citar las siguientes mezclas:

- turba + perlita + tierra
- turba + tierra + lombricompuesto
- turba + tierra en diferentes proporciones

La turba y la perlita se utilizan para mejorar la estructura y aumentar la porosidad del suelo. Estas mezclas por lo general son fertilizadas y se les realiza un tratamiento para controlar principalmente hongos del suelo. El riego de los plantines se realiza con agua.

La finalidad del presente trabajo es comparar distintas mezclas y realizar una primera aproximación de cual o cuales serían los sustratos más convenientes a utilizar para producir plantines de calidad para la producción de tomate sin suelo y con la posibilidad de mantenerlos sin que estos envejezcan prematuramente.

Los sustratos que se probaron fueron:

- Tratamiento 1: 1/3 turba + 1/3 perlita + 1/3 arcilla expandida
 " 2: 1/3 turba + 1/3 perlita + 1/3 vermiculita
 " 3: 1/4 turba + 3/4 perlita
 " 4: 1/2 perlita + 1/2 arcilla expandida
 " 5: perlita

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constó de cuatro macetas.

Se utilizó semilla de tomate Híbrido FI Bonanza, Takii Co. Ltd. Japón. Estas se pusieron a pregerminar el 3/1/94 para lograr una emergencia rápida y homogénea. Las semillas que tenían visible la radícula el 6/1/94 se sembraron en macetas de polietileno negro de 15 cm de diámetro y 13 cm de profundidad.

Las mismas, por unidad experimental, se colocaron en bandejas plásticas sobre la superficie del suelo de un invernáculo metálico tipo tunel alto cubierto con polietileno de la E.E.A.- INTA San Pedro. Las macetas se dispusieron en bandejas para contar con un

remanente de solución nutritiva o agua a fin de mantener una buena disponibilidad hídrica entre riegos.

El riego de los plantines se efectuó día por medio con solución nutritiva (Soneveld, 1985) y el resto de los días con agua.

El ensayo se dió por concluído el 27/1/1994, cuando la mayoría de los plantines estaban en condiciones de ser transplantados.

Los parámetros medidos a los plantines el día 27/1/94 fueron:

- diámetro de tallo: a 2 cm del cuello,
- altura: desde cuello hasta inserción última hoja,
- peso seco parte aérea (1),
- peso seco raíz (2),
- relación (1)/(2).

A los resultados de las mediciones se les efectuó un análisis de varianza y cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, los promedios fueron comparados entre sí utilizando el Test de Tukey con una significancia de 0.05.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en los distintos tratamientos pueden observarse en el cuadro 1.

CUADRO 1: Resultados ensayo sustrato para producción de plantines de tomate (1994).

TRAT.	ALTURA cm	DIAMETRO TALLO mm	PESO SECO P. AER. g A	PESO SECO RAIZ g B	RELACION A/B
1	11.72 b	4.93 b	0.60 b	0.18 ab	3.42 a
2	15.19 c	6.84 c	1.26 c	0.35 c	3.76 a
3	13.33 c	6.41 c	1.18 c	0.31 bc	4.10 a
4	5.48 a	1.82 a	0.11 a	0.05 a	2.56 a
5	11.57 b	5.04 b	0.66 b	0.17 a	4.18 a

Letras distintas significan diferencias al 5% según Tukey.

Como puede observarse los mejores resultados obtenidos, para los parámetros altura, diámetro de tallo, peso seco de la parte aérea y peso seco de raíces, corresponden a los tratamientos 2 y 3.

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sustratos en la relación entre peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz. Esto significa que no hubo sustrato que favoreciese más el crecimiento de las raíces en relación con la parte aérea o viceversa.

Los tratamientos 1 y 5, a pesar que presentaron un desarrollo de plantines menor que los tratamientos 2 y 3, se encontraban en condiciones de ser transplantados en el momento de las mediciones. Por ello, no hay que descartarlos hasta comprobar el comportamiento de los plantines después del transplante.

Los plantines del tratamiento 4 tuvieron el menor desarrollo de todos los parámetros y no estaban en condiciones de ser transplantados en la fecha que se dió por concluida la experiencia.

Bibliografía consultada

- MC KEE, J.M.T. 1981. Aspectos fisiológicos de vegetales transplantables y otros cultivos. CAB Horticultural Abstracts Mayo 1981 Vol 51 Nº 5.

- Producción de Hortalizas en Invernáculo. 1993. Curso a distancia. Dirección de Formación y Desarrollo de RR.HH. Proyecto de Educación a Distancia INTA.

- SONNEVELD, C. 1985. A method for calculating the composition of nutrient solution for soilless cultures. Second translated edition. May 1985 Nº 10. Series: Voednigsoptlossingen glastuinbouw. Glasshouse Crops Research and Experiment Station. Naaldwijk. The Netherlands.

PRODUCCION DE PEPINO SIN SUELO EXPERIENCIA PRELIMINAR -AÑO 1994-

Adolfo T. Amma y Guillermo Cascardo (*)

Con la finalidad de evaluar en forma preliminar el comportamiento del pepino en el sistema de cultivo sin suelo se condujo una experiencia en un invernáculo de polietileno de la E.E.A. INTA San Pedro.

Obtención de plantines:

Los plantines se obtuvieron colocando semillas pregerminadas en macetas de polietileno (200 cc) que contenían perlita como sustrato. La siembra se efectuó el 16/II, se regó con solución nutritiva completa en cantidad y frecuencia requerida según condiciones ambientales y estado de plantas.

El 23/II se efectuó el trasplante a macetas ubicadas en lugar definitivo.

Sustratos:

- 1.- Perlita Agrícola
- 2.- Mezcla 3/4 Perlita + 1/4 Turba
- 3.- Mezcla 1/2 Perlita + 1/2 Cáscara arroz
- 4.- Mezcla Arcilla expandida (1/2 0-3 mm + 1/2 3-10 mm)

Diseño experimental: Block al azar con 4 repeticiones.

Contenedor:

Maceta de polietileno (sopladas) de 10 lts. de capacidad.

Marco de plantación:

Distancia entre plantas dentro de la línea 0,40 m.; distancia entre líneas apareadas 0,50 m. Cada par de líneas separadas por un camino de 1,00 m.-. Densidad 3,3 pl/m²

La conducción se realizó a 1 tallo, podando las ramificaciones dejando en cada una de ellas 1 fruto y dos hojas. El tutorado se hizo colocando verticalmente en cada una de las líneas de plantación una red de hilo plástico.

Cosecha:

La cosecha se inició el 28/III/94, a los 41 días de la siembra, colocación de la semilla pregerminada en las macetas de polietileno con perlita como sustrato.

En total se realizaron 11 recolecciones, la última el día 6/V/94.

(*): Técnicos Grupo Suelos y Agrometeorología E.E.A. INTA San Pedro.

- Rendimiento

Sustrato	kg/planta	kg/ha
1.- Perlita Agrícola	5.322 a	175.626
2.- Perlita + Cáscara	4.821 a	160.540
3.- Perlita + Turba	4.875 a	160.875
4.- Arcilla Expandida	2.795 b	92.235
L.S.D. 0,05	1.716	
C.V. %	21,0	

El resultado obtenido en la producción de pepino en macetas, con distintos sustratos, fue muy bueno, salvo en el caso de la arcilla expandida. De acuerdo a estos datos el pepino ha demostrado ser una especie interesante para este sistema de producción. No ha mostrado mayores problemas en su conducción, se logró alto rendimiento y producto de calidad y con un ciclo bastante breve, 80-85 días de siembra a fin de cosecha.

CULTIVOS SIN SUELO

EXPERIENCIAS CICLO 1994/95

GRUPO SUELO Y AGROMETEOROLOGIA

ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA INTA SAN PEDRO

Ruta 9 km 170 CC 43 (2930) San Pedro Bs.As.

CULTIVO SIN SUELO DE TOMATE - CICLO 1994/95

Adolfo T. Amma y Guillermo Cascardo(*)

1.- ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES SUSTRATOS

Objetivo:

Evaluar el comportamiento de diferentes materiales y mezclas de los mismos en la producción de tomate bajo cubierta.

En el ciclo anterior, 1994, se tomaron en consideración como sustratos arcilla expandida gruesa (3-10 mm de diámetro); arcilla expandida mezcla (0-3 y 3-10 mm diámetro) 50% de c/u. y Perlita agrícola. Estadísticamente no se observaron diferencias entre los distintos sustratos. En el presente ciclo se decidió evaluar el comportamiento de la cáscara de arroz, solo y combinado con perlita, con respecto a dos de los evaluados en el ciclo anterior -perlita y arcilla expandida gruesa-. La cáscara es un material de relativamente fácil adquisición y bajo costo; se considera que si demuestra buen comportamiento constituiría un material interesante para este sistema de producción.

MATERIALES Y METODOS.

Tratamiento: Sustratos

- 1.- Perlita agrícola
- 2.- Cáscara de arroz
- 3.- Perlita 50% + Cáscara de arroz 50%
- 4.- Arcilla expandida 3-10 mm diámetro.

Diseño experimental: Block al azar , 4 repeticiones.

Unidad experimental: 4 sacos de 1,20 m de largo y con 3 plantas c/u, separadas 0,40 m entre sí.

Distancia entre líneas 0,50 m y cada par de líneas separadas por un camino de 1 m.

Densidad: 3,3 pl/m².

Contenedores: Los sacos fueron confeccionados con mangas de polietileno negro de 25 cm de ancho y 300 micrones de espesor.

Tomate:

Híbrido F1 Bonanza Takii Seed Co. Japón

(*) : Técnicos Grupo Suelo y Agrometeorología E.E.A. INTA San Pedro

Ruta 9 Km 170 CC 43 (2930) San Pedro, Buenos Aires.

RESULTADOS Y DISCUSION

a.- Contenido de nutrientes en hoja

Fecha muestreo: 15/XI - Hoja debajo 2do. racimo

TRAT	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
	%					ppm			
1	3,88	0,68	4,33	2,49	0,72	20,3	128,3	40,5	109,5
2	3,79	0,71	4,52	2,40	0,62	18,5	155,0	60,5	133,3
3	4,03	0,73	4,42	2,53	0,64	19,8	146,0	59,3	145,5
4	3,81	0,69	4,31	2,40	0,65	21,3	131,3	43,8	130,8

Fecha muestreo: 29/XI - Hoja debajo 4to. racimo

TRAT	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
	%					ppm			
1	3,96	0,58	3,50	1,88	0,55	14,0	212,8	25,0	117,8
2	3,82	0,57	3,50	1,98	0,47	15,5	175,0	33,5	178,8
3	3,66	0,61	3,63	1,91	0,46	15,0	219,5	30,3	162,0
4	3,88	0,59	3,31	1,83	0,53	15,3	197,8	27,8	157,3

No se observaron diferencias en la concentración de macronutrientes entre los distintos sustratos.

La concentración de N se mantuvo dentro del rango suficiente mencionados por Grainfenberg (1990) y Geraldson (1973) para cultivos en suelo. No se ha observado una disminución en la concentración a medida que se avanzó en el ciclo.

El contenido de fósforo en hoja sí, disminuyó al avanzar en el ciclo, aunque las concentraciones siempre estuvieron dentro o un poco por encima del rango de suficiencia.

La concentración de potasio también tendió a disminuir al avanzar en el ciclo, pero siempre dentro del rango adecuado o suficiente.

La concentración de calcio tendió a disminuir al avanzar en el ciclo. Si se toma los valores mencionados por Grainfenberg (1990), la concentración de calcio, en ambos muestreos, se ubica por debajo del rango suficiente.

La concentración de magnesio disminuyó al avanzar en el ciclo, los valores oscilaron dentro del rango suficiente.

Las concentraciones de microelementos se encuentran dentro del rango suficiente o por encima del mismo.

Plantines de tomate:

Los plantines se obtuvieron sembrando semilla pregerminada - 1/IX/94- en bandejas (Speedlings) con 170 celdas de 4 x 4 x 8 cm.

Como sustrato se utilizó una mezcla de 1/4 de turba + 3/4 de perlita -mezcla de buen comportamiento para obtención de plantines para sistema de producción sin suelo- (Amm y Cascardo, 1994).

Las bandejas sembradas se colocaron en invernáculo climatizado; el riego se efectuó diariamente, según los requerimientos, con solución nutritiva completa.

El 30/IX/94 se efectuó el trasplante a los sacos distribuidos en el invernáculo. Las características del mismo y de las instalaciones especiales se han detallado en el trabajo correspondientes al ciclo 1993/94.

La solución nutritiva utilizada fue la misma del año 1994 (Sneveld, 1985). Se preparó solución madre concentrada 100 % en laboratorio; luego se diluyó para obtener la solución de riego que se almacenó en 2 tanques de fibra de vidrio de 1.000 l de capacidad cada uno y desde donde se bombeó a las plantas. La red de distribución estaba constituida por tubos de polietileno de 16mm clase 7 y goteros con soporte de 1,15 l/hora de caudal a 1 atm de presión, 1 gotero/planta.

Se comenzó con una frecuencia de 6 riegos diarios de 5' c/u. El 16/XI se estableció un régimen de 12 turnos por día con un tiempo variable entre 5' y 12' cada uno según hora del día, total 90 min./día y a partir del 6/XII se comenzó a regar 120 min/día.

Las plantas de tomate se condujeron a un tallo y para el tutorado se utilizó hilo de polietileno.

Durante el ciclo se muestrearon hojas para la determinación de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn). Primer muestreo 15/XI/94, hoja entera ubicada debajo del 2do. racimo, éste con frutos cuajados y flores. Segundo muestreo el 29/XI/94, hoja entera debajo del 4to racimo, con frutos y flores al momento de recolección.

En la cosecha, los frutos se clasificaron en comercial -mayor de 100 gramos-; de segunda -menores de 100 gramos- y con Blosson end rot (BER) -podredumbre apical-. La cosecha se inició el 1/XII/94 finalizando el 14/II/95 luego de 19 recolecciones.

Durante el ciclo se registraron cortes de corriente eléctrica lo que sumado a las altas temperaturas registradas dentro del invernáculo determinaron inconvenientes en la producción, aparición de frutos con Blosson end rot principalmente entre el 2do. y 5to. racimo.

b 1.- Rendimiento fruto comercial

Sustrato	kg/planta	Kg/ha
1 Perlita agrícola	4.043	133.412
2 Cáscara de arroz	4.167	137.514
3 Perlita + Cáscara	3.699	122.060
4 Arcilla expandida	3.699	122.080
L.D.S. 0,05	N.S.	
C.V. %	15,8	

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos de fruto comercial logrados con los diferentes sustratos. La producción obtenida, si bien puede considerarse aceptable -tomate de 145 días de ciclo-, podría haber sido apreciablemente mayor si no hubiera mediado inconvenientes que indujeron a la aparición de una alta proporción de frutos con BER.

b.2.- Rendimiento fruto segunda -peso menor a 100 g.-

Sustrato	g/planta	kg/ha
Perlita agrícola	300,56	9.918
Cáscara de arroz	291,09	9.606
Perlita + Cáscara	408,77	13.489
Arcilla expandida	301,15	9.938
L.S.D. 0,05	N.S.	
C.V. %	29,4	

No hubo diferencias significativas entre sustratos en la producción de frutos de segunda. En promedio, estos frutos representaron un 7,7% del total producido, sin considerar los frutos afectados por BER.

b.3.- Porcentaje de fruto con podredumbre apical BER

Sustrato	Frutos/Planta	% del total
Perlita agrícola	27,3	45,0
Cáscara arroz	16,8	33,0
Perlita + Cáscara	24,5	42,8
Arcilla expandida	25,2	45,9

Los altos porcentajes de frutos afectados con BER, registrados en todos los sustratos, se consideran como consecuencia de las siguientes razones.

- Cortes de energía eléctrica. Durante el ciclo se registraron dos cortes de luz que afectaron sensiblemente el estado hídrico de las plantas. Hubo caída de flores y afecciones en frutos en fase de activo desarrollo.

- Cambio de ácido nítrico por fosfórico para acidificar la solución nutritiva -pH 5,8 a 6,0-. Por no contar con ácido nítrico se utilizó fosfórico a partir del 28/X/94

En el fondo de los tanques se formó un precipitado cristalino que al finalizar la experiencia se analizó. Se comprobó que tenía un 9 % de P y 25 % de Ca. Se estima que corresponda a sales de fosfato de calcio, lo que habría determinado una menor disponibilidad de nutrientes, de manera especial de calcio, para las plantas.

Esto queda corroborado por los datos de análisis de hojas realizados. El primer muestreo corresponde a 17 días después del cambio; en él, ya se detecta una concentración menor al rango adecuado. En el segundo muestreo la concentración es aún menor.

- Los períodos de alta temperatura, agravado por el tipo invernáculo, sin duda han contribuido a magnificar el problema.

2.- ESTUDIO PRELIMINAR DE CONTENEDORES Y SUSTRATOS CULTIVO INDICE. TOMATE.

Adolfo T. Amma y Guillermo Cascardo (*)

En la E.E.A. INTA de San Pedro se condujo una experiencia con la finalidad de evaluar en forma preliminar el comportamiento de distintos contenedores y sustratos en la producción sin suelo de tomate.

Los contenedores y sustratos evaluados fueron:

- | | | |
|-----------------|--|--|
| 1.- Macetas | 7 lts. Perlita agrícola | |
| 2.- Macetas | 7 lts. Cáscara de arroz | |
| 3.- Macetas | 7 lts. 1 Perlita + 1 Cáscara de arroz | |
| 4.- Macetas | 10 lts. 1 Perlita + 1 Cáscara de arroz | |
| 5.- Canaleta | Cáscara de arroz | |
| 6.- Canaleta | Perlita con base de Arc.expandida | |
| 7.- Canaleta | 1 Perlita + 1 Cáscara de arroz | |
| 8.- Canaleta | Arc.expandida con mulch Cáscara de arroz | |
| 9.- Saco grande | Perlita | |

Se efectuaron dos repeticiones y cada unidad experimental, 15 plantas, consistía en:

Macetas: 15 unidades -separados 0,40 m-.

Canaletas: 0,15 ancho x 0,20 alto x 6,00 m largo; plantas separadas a 0,40 m. Estas no se llenaron hasta el tope con sustrato sino que se llenaro para tener aprox. 10 l de sustrato por planta.

Sacos: 5 sacos confeccionados con manga de polietileno 300 micrones, 0,33 m ancho y 1,20 m de largo 41,6 l de sustrato cada uno.

Las canaletas con perlita como sustrato tuvieron una base de arcilla expandida para evitar problemas con el drenaje. Las canaletas de arcilla expandida como sustrato tuvieron un mulch de cáscara de arroz, con la finalidad de disminuir la pérdida de agua por evaporación.

Los plantines se obtuvieron de igual manera y en forma simultánea al ensayo de sustratos. El trasplante se realizó el 1/X/94.

Se mantuvieron las disposiciones de las plantas: 0,50 m entre 2 líneas apareadas, 0,40 m entre plantas y un camino de 1,00 m entre cada par de líneas.

(*) : Técnicos Grupo Suelo y Agrometeorología E.E.A. INTA San Pedro.

En el caso de los sacos grandes se colocó una sola fila de pero con 6 plantas por unidad; es decir, 0.20 m entre plantas. Estas plantas se guiaron alternadamente de manera que quedaran, en su parte aérea, distribuidos en dos líneas apareadas a 0,50 m.

La conducción de las plantas fue similar al ensayo de sustratos. Se tomaron muestras de hojas para el análisis, hoja entera por debajo del 2do y 4to racimo, los días 15 y 29/XI.

Las recolecciones, 19 en total, coinciden con el ensayo de sustratos en sacos 1994/95.

RESULTADOS

Contenido de nutrientes en hoja

---- Muestreo 15/XI -----						-----Muestreo 29/XI-----				
TRAT.	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
		%						%		
1	3,27	0,77	3,94	2,19	0,756	3,92	0,64	2,74	2,01	0,71
2	4,15	0,73	4,15	2,06	0,643	3,95	0,55	3,14	1,89	0,67
3	3,78	0,69	3,87	2,11	0,676	4,28	0,50	3,17	1,89	0,59
4	3,57	0,70	4,00	2,44	0,706	3,97	0,60	2,82	1,91	0,67
5	3,54	0,80	4,43	2,56	0,765	3,87	0,64	3,53	2,28	0,67
6	3,35	0,80	4,42	2,43	0,811	3,61	0,63	3,86	1,78	0,66
7	3,58	0,65	4,65	1,78	0,612	3,60	0,59	3,44	1,70	0,57
8	3,97	0,67	4,25	2,93	0,694	4,14	0,53	4,07	1,82	0,57
9	4,16	0,69	4,39	2,24	0,755	3,86	0,75	3,23	1,89	0,60

Los comentarios realizados en el ensayo de sustratos con respecto a los contenidos de macronutrientes son válidos para la presente experiencia. No se observan diferencias entre los distintos tratamientos y los mismos se encuadran dentro de los rangos de nutrición adecuada o suficiente, salvo en el caso del calcio que se encuentra por debajo.

Rendimiento de fruto comercial y de segunda

TRATAMIENTO	COMERCIAL kg/pl.	SEGUNDA g/pl.
1.- Maceta 7 lts. Perlita	2,990	269,7
2.- Maceta 7 lts. Cáscara	3,263	272,5
3.- Maceta 7 lts. Perlita + Cáscara	3,266	274,8
4.- Maceta 10 lts. Perlita + Cáscara	3,257	366,4
5.- Canaleta Cáscara	4,004	360,7
6.- Canaleta Arc. Exp. Mulch. Per	3,146	265,8
7.- Canaleta Perlita + Cáscara	2,953	393,3
8.- Canaleta Arc. Exp. Mulch Cásc.	3,172	306,9
9.- Saco Grande Perlita	3,021	231,7

Tanto en rendimiento de fruto comercial como de segunda no se observan diferencias entre los tratamientos.

Los contenedores utilizados han demostrado comportamiento similares.

Las macetas de 7 y 10 litros dieron rendimientos semejantes, esto estaría indicando que un volumen de 7 litros/planta es adecuado para la producción con sustratos.

Los sacos grandes ubicados en una línea, con plantas a 0,20 m y conducidos en su parte aérea en dos hileras separadas a 0,50 m constituye una alternativa a tener en cuenta ya que se ahorraría en polietileno para su fabricación y mano de obra en la manipulación de los mismos.

PRODUCCION SIN SUELO DE LECHUGA EXPERIENCIA PRELIMINAR -AÑO 1995-

Adolfo T. Amma y Guillermo Cascardo (*)

Con el objeto de evaluar la posibilidad de producir lechuga en un sistema de cultivo sin suelo se condujo una experiencia exploratoria utilizando tres tipos de sustratos y regados con solución nutritiva completa.

Sustratos:

- 1.- Perlita agrícola
- 2.- Cáscara de arroz
- 3.- Mezcla 50% Perlita + 50% Cáscara de arroz

Contenedor:

Los sustratos se colocaron en banquinas construídas sobre el piso del invernáculo con polietileno negro de 300 micrones.

Las dimensiones fueron de 0,80 m. de ancho x 0,10 m de alto x 5 m de largo; los mismos con una leve pendiente -0,5 a 1,0%- hacia un extremo, en el cual se dejó un orificio para permitir el drenaje del exceso de solución.

Las banquinas fueron rellenas con los respectivos sustratos en cantidad suficiente para lograr un espesor de 8 cm.

Sistema de riego:

Para el riego se utilizaron de tubos de polietileno con goteros incorporados de 2 l/hora de caudal a 1 atm de presión distribuídos cada 20 cm. Se colocaron dos laterales de riego de 5 m cada uno por banquina distanciados a 0,40 m.

La solución de riego se preparó en tanques de 1.000 lts, ésta fue impulsada a la red por una bomba de acero inoxidable de 1/2 HP a la presión de trabajo.

Lechuga:

Cv. Grand Rapids (Waldman Green) Peto Seed

Para la obtención de plantines se colocaron el 22/V/95 semillas pregerminadas, el 22/V/95, en speedlings (2,5 x 2,5 x 4,5) con una mezcla 1/4 turba + 3/4 perlita como sustrato y se regó con solución nutritiva.

(*) : Técnicos Grupo Suelo y Agrometeorología F.F. A. INTA San Pedro

Marco de plantación:

Se plantaron, el 13/VI/95, 4 líneas por banquina -0,20 m entre líneas- y 0,10 m entre plantas, con una distribución a tresbóllilo.

Entre una y otra banquina se dejó un camino de 0,50 m. Por lo que la superficie por banquina fue de 6,5 m²

Riego:

Se comenzó aplicando tres riegos diarios de 5 l cada uno; a partir del 7/VII -25 días del trasplante- se aumentó a cuatro riegos de 5 l cada uno por día.

Cosecha:

El 28/VII se efectuó un primer corte, se entresacó una planta por medio con el objeto de permitir un mayor desarrollo del resto de las plantas.

Sustrato	N° Plantas	Peso Fresco Total	Peso Fresco Pdio/Pl.
Perlita	95	8.090 g.	85,16 g
Cáscara arroz	91	8.400 g.	92,31 g
Mezcla Perlita + Cáscara	91	9.050 g.	99,45 g

El segundo y último corte se realizó el 2/VIII/95; -a los 70 días de la siembra-.

Sustrato	N° Plantas	Peso Fresco Total	Peso Fresco Pdio/Pl
Perlita	95	9.940 g	104,6 g
Cáscara arroz	95	12.160 g	128,0 g
Mezcla Perlita + Cáscara	90	10.620 g	118,0 g

Rendimiento total 1º + 2º corte - Peso Fresco

Sustrato	Rendimiento Final	
	kg/banquina	kg/1.000 m2
Perlita	18,030	2.774
Cáscara arroz	20,560	3.163
Mezcla Perlita + Cáscara	19,670	3.026

Los tres sustratos utilizados se han comportado muy bien; en todos los casos el desarrollo de las plantas fue normal y sin diferencias entre ellas.

La lechuga es una especie que se adapta al sistema de producción en sustrato. Se logra un producto de alta calidad y con un muy buen rendimiento. De acuerdo a la fecha en que se realizó el cultivo se considera interesante la precocidad alcanzada, en 70 días desde siembra se pudo lograr el producto final.

BIBLIOGRAFIA

1981-1982

1981-1982
1981-1982

1981-1982

1981-1982

1981-1982

1981-1982

1981-1982
1981-1982

1981-1982
1981-1982

1981-1982

1981-1982

1981-1982

1981-1982

BIBLIOGRAFIA CULTIVO SIN SUELO

- Adams, P. and D.M. Massey. Nutrient uptake by tomatoes from recirculating solutions. *ISOSC Proceedings.*: 71-79. 1984.
- Amma, A. Cultivo sin suelo: Generalidades. Cultivo de hortalizas en sustrato: Sistema abierto. 4ta. Jornadas de Hortalizas Bajo Cubierta. CFAYF(LP)-INTA(UEEA G. Bs As) La Plata 10-11/XI/94.
- Amma, A. y G. Cascardo. Cultivo sin suelo. Experiencias iniciales. *Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale*. 88 (3) 559-567. 1994.
- Ammerlaan, J.C.J. International Symposium on New Cultivation Systems in Greenhouse. Abstracts. ISHS. 26-30/IV/93. Cagliari. Italy.
- Barbieri, G. y S. De Pascale. Salinità dell'acqua di irrigazione e colture orto-floricole. *Culture Protette* N° 2:75-81. 1992.
- Bedós, M. Sustratos para todos los gustos y necesidades. *Horticultura* 96, 44-48; abril 1994.
- Ben-Asher, J.; J.M. Gordon, A. Liner and Y. Zarmi. Nutrient uptake and supply to tomato plants in a water culture system. *Agronomy Journal* vol 74:640-644. Jul-Aug. 1982.
- Brunello Consorti, S.; A. Pardossi; F. Tognoni y F. Fantozzi. Il raffreddamento della soluzione nutritiva ricircolante in impianti NFT nella stagione estiva: aspetti impiantistici ed energetici. *Culture Protette* N° 11:97-103. 1992.
- Bruynel, R.P. Cultivar sin suelo y los factores climatológicos. *Horticultura* 87:22-28. abril 1993.
- Carrai, C. Marciume radicale su lattuga allevata in impianti NFT. *Culture Protette* N° 6:77-81. 1991.
- Finali, M. Vasi: se l'irrigazione é a ciclo chiuso. *Culture Protette* N° 2:65-68. 1994.
- Gojenola Eizagirre, A; Ansorena Miner, J. Calidad de los sustratos comerciales. *Horticultura* 98: 13-20; julio 1994.
- Graifenberg, A. L'Impiego dei substrati. *L'Italia agricola* N° 1:153-162. 1989.
- Guillott, A; A. Musard y J. Wiart. Laine de roche: le bon recyclage. *Pepinieristes*. 347:10-12; mar. 1994.