

Contribución al Estudio de la Nutrición Vegetal en Cultivos sin Tierra

Q. F. J. CABEZAS DE ARAGUNDE

*Prof. Agreg. Facultad Veterinaria; Prof. T. Prácticos de Botánica,
Facultad de Química y Farmacia*

ABSTRACT

The author describes his investigations in connection with plant culture out of the ground using variations of *Solanum lycopersicum*, *S. capsicum*, *Cucurbita pepo*, *Cucumis sativa*, *Phaseolus*, and proposing nutritious formulas.

The cultures are made in small wooden boxes with washed vegetal charcoal dust and another in greater scale in gravel. As mineral solutions for macro-elements we used the formula described by Farnham and White and Huterwal; and for micro-elements this of Homes.

We confirm that the pH of solution is of major importance for the cultures, because it experiments great variation during the growing up the adult phase of plants, when it starts to stabilize.

The pH range is between 5.5 – 8.6 with an optimum of pH 5.5.

As in the cited formulas, results were not very good, we added molybdenum and cobalt arriving to two formulas with excellent results.

It is not possible to establish a unique formula during the culture evolution, it is necessary modification in function of growth, taken in consideration the climate variations.

CONCLUSIONS

1) The author describes the culture of plants out of the ground taking in consideration the possibility of its use in large scale and

in order to study plant physiology.

2) It is confirm the results with the proposed formula, the importance in pH control and the adding of molybdenum and cobalt.

3) The best results are obtained with daily irrigations, and shorts contacts of solution. The amount of irrigations is conditioned luminosity, being, one irrigation in cloudy days, and three in shiny days.

—:)(:—

El cultivo de plantas en soluciones nutricias designado hidropenia o cultivo sin suelo, se inicia con los estudios de Liebig y Bous-singault, quienes demostraron por primera vez que las plantas necesitan para vivir agua y sales minerales que se encuentran en solución en el medio. Desde entonces comienzan las investigaciones en esta rama de la fisiología vegetal relacionada con la nutrición.

Polstorff y Wigmann, en 1841, cultivan plantas en arena que riegan con soluciones minerales.

Los años 1860-1868, marcan la época de Knop y Sachs; estos botánicos simultáneamente realizan experiencias de cultivo empleando medios líquidos y hacen conocer las primeras soluciones que aún son utilizadas.

A través de estos trabajos conocemos los primeros elementos indispensables al metabolismo y dejan establecido que son diez los minerales necesarios al desarrollo de las plantas superiores.

Hasta 1915 este método tiene poco desarrollo, pues a pesar de las diversas fórmulas conteniendo los diez elementos clásicos (C, O, H, N, Ca, K, Mg, S, P y Fe) los resultados obtenidos fueron de éxito relativo.

Mazé en 1915 y más tarde Molliard, Bertrand Javillier y otros comprueban que las plantas requieren otros elementos además de los citados, tales como Mn, Bo, Zn, Cu y Mo, y surge entonces la noción de elementos trazas, ya que éstos son requeridos por el vegetal en mínimas dosis y que por encima de cierta concentración siempre mínima los efectos son tóxicos. Actualmente los fisiólogos hacen intervenir quince elementos como indispensables al normal desarrollo de las plantas.

Mayer y Bonner extienden el número a veintidós, posiblemente por ser elementos puestos de manifiesto por el análisis, aunque el rol que desempeñan en el tejido no es conocido para algunos de ellos.

Algunos elementos minerales comprobados en el análisis de forra-

geras, a pesar de ser tóxico para los animales cuando sobrepasa cierto nivel, no los acumula la célula vegetal en forma casual, sino como elementos necesarios para su metabolismo aun no aclarado en forma precisa.

Ulteriores investigaciones permitieron conocer la vinculación de algunos de ellos a roles enzimáticos como, por ejemplo, el cobalto, componente de las vitaminas B_{12a} y B_{12b}, identificadas también con los nombres de cianocobalamina e hidrocobalamina.

La hidroponia quedó limitada al laboratorio hasta 1929, en que Gericke y Tavernetti realizan cultivos en gran escala en medio líquido y divulgan las técnicas.

Sucesores de Gericke, como Shave y otros, emplean para sostén de las plantas medios sólidos e inertes como arena gruesa, carbonilla, gravilla, algodón de vidrio, etc., medios que benefician el método, pues el cultivo en agua tiene dos inconvenientes: 1) falta de sostén que se agudiza con el crecimiento de la planta; 2) falta de areación al sistema radicular.

En estos trabajos rivalizan numerosos centros docentes como las Universidades de Nueva Jersey, California e Indiana, en Estados Unidos, y en Bélgica, Homes y colaboradores.

En 1938 se publica el primer libro sobre Hidroponia, creándose dos variantes a esta forma singular del cultivo vegetal.

- a) Cultivo en medio líquido;
- b) Cultivos empleando soporte inerte constituido por medios sólidos groseramente pulverizados y tratados con la solución nutritiva.

La irrigación de estos soportes es también objeto de las variantes: 1) irrigación con recuperación del líquido mediante el empleo de bombas o dispositivos adecuados; 2) sub-irrigación a nivel constante; y 3) irrigación con pérdida de la solución.

No interesa para nuestro propósito ahondar en ventajas e inconvenientes de los diversos métodos, pues tienen indicación especial según la finalidad del cultivo, pero todos ellos significaron valiosa contribución para el estudio de la fisiología vegetal en sus requerimientos minerales.

Otro aspecto a considerar como base del estudio hidropónico es el mecanismo de absorción y tolerancia de las diversas variedades vegetales frente a un mismo elemento traza.

Durante la última guerra los botánicos norteamericanos y belgas han obtenido magníficos plantíos hidropónicos realizados en regiones áridas sin probabilidades para el crecimiento de variedades vegetales, constituyendo una contribución importante para la alimentación humana.

Este sistema ha proporcionado ventajas también para la floricultura. Cultivos de rosas, violetas, claveles y fresas se realizan en Pensilvania, Curaçao, Guayanas Británicas y las islas Guadalupe con enorme volumen comercial y en muchos países son corrientes jardines y huertas hidropónicas. Estos métodos de cultivo no sólo tienen interés para la explotación utilitaria sino que permite a la investigación obtener fórmulas más eficientes y adaptables a distintos climas como en nuestro caso y lo suficiente maleables para extenderlo a la producción en escala.

MATERIAL Y METODOS

Se realizan dos tipos de experiencia a intemperie:

a) Una en cajonera de un metro de largo por treinta centímetros de ancho y quince en profundidad.

b) En gran escala en cajoneras de hormigón de un metro de ancho por treinta y cinco metros de largo con ligero declive y provisto el sistema de canaleta común de desagüe, línea de bombeo y cuba para cinco mil litros de solución.

Como material se emplean quinientas plántulas de variedades de *Solanum lycopersicum*, *S. capsicum*, *Cucurbita pepo*, *Cucumis sativa* y *phaseolus*. Se recurre a dos tipos de soporte. La experiencia en pequeña escala carbonilla vegetal previamente tratada durante una semana con solución de agua clorhídrica y luego agua durante varios días, y en escala mayor utilizando pedregullo.

Experiencia A

Como solución nutritiva de macroelementos se emplea la fórmula de Farnham y White, de la Estación de Nueva Jersey, aconsejada para rosas y claveles.

Empleamos sales químicamente puras:

$(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$	243	grs.
$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	15	"
SO_4Mg	57	"
$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$	28	"
Agua destilada, 100 litros.		

Como solución para elementos trazas empleamos la fórmula de Homes, compuesta de cinco elementos, Bo, Mn, Fe, Zn y Cu distribuidos en dos soluciones concentradas.

<i>Solución A</i>		<i>Solución B</i>	
Acido bórico	15 grs.	Sulfato ferroso	10 grs.
Sulfato manganeso ..	15 "	Agua: 1.000 c.c.	
Sulfato de zinc	5 "		
Sulfato de cobre	2,5 "		
Agua: 1.000 c.c.			

La forma propuesta no hace necesario pequeñas pesadas repetidas y permite la conservación de las soluciones por un período largo.

Se agregan a razón de 50 c.c. de solución A y 100 c.c. de solución B por cada 100 litros de agua.

En nuestra experiencia sustituimos el sulfato ferroso aconsejado por citrato de Fe amoniacal, que tiene la ventaja de no alterarse en estado de solución.

Las soluciones recién preparadas no necesitan corrección de pH cuando se parte de sales puras; el empleo de sales comerciales puede hacer necesario la corrección que se hace con ácido sulfúrico 0,1 N hasta pH comprendido entre 5 y 6. Da buenos resultados también H_3PO_4 con igual finalidad.

Las plántulas utilizadas tienen originalmente altura aproximada de seis centímetros. La solución se agrega por riego directo tres veces al día con un contacto de 10', drenándose por diferencia de nivel, recogiendo la solución en damajuanas para ser utilizada varias veces, que se renueva totalmente cada tres días.

Durante el primer período del cultivo las plantas modifican rápidamente el pH, lo que implica su corrección diaria, y comprobamos modificaciones desde 5.1 a 8.6, lo que destacamos por la importancia que significa para la solución de las sales minerales y su correcta absorción por el vegetal.

Transcurridos quince días y visto el estado estacionario de las plantas que señalan un déficit nutricio, se modifica la solución aumentando la concentración de K en detrimento del N con lo cual mejora el aspecto del cultivo sin ser satisfactorio el crecimiento, ya que a los 25 días sólo han crecido 13 cms., además los primeros botones florales

se marchitan y caen; a esta altura de la experiencia agregamos trazas de molibdeno al estado de ácido molíbdico en concentración de 0,05 ‰ utilizando 2 gotas por cada 10 litros, o sean 2 c.c. por cada 100 litros, cantidades que aumentamos progresivamente cada vez que reemplazamos la solución hasta llegar a 50 c.c.; se comprueba aumento lento del crecimiento, pues 25 días después tienen una longitud de 68 centímetros, pero las flores desarrollan y evolucionan normalmente, produciendo frutos con pocas frustraciones.

A mediados de diciembre tienen una altura de 80 centímetros. Se modifica la fórmula aumentando la concentración de los componentes y estableciendo la relación N/K igual a 3.1.

La fórmula ensayada fué la siguiente:

$(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$	.....	216	grs.
SO_4Mg}	.....	71	"
$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$	.....	42	"
$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	.....	70	"
Agua: 100 litros.			

Bo, Cu, Zn, Mn, Fe, Mo y agregamos a nuestra fórmula trazas de cobalto bajo forma de nitrato; I, bajo forma de ioduro.

En esta solución, que se mantuvo constante hasta fines de febrero, las plantas alcanzaron una longitud de 1 metro 78 con profusión de frutos. Se nos presentan deficiencias de Fe y Mn que solucionamos con el agregado en forma de pulverizaciones sobre las hojas y en concentración de 2 grs. de sal ferrosa (sulfato de hierro) y 0 gr. 50 de sulfato de manganeso cada 100 litros de agua.

La clorosis desaparece rápidamente si se hacen pulverizaciones dos veces por semana.

Los frutos presentaron intenso perfume y sabor dulce.

b) Experiencia en gran escala

(Fué realizada en el establecimiento de los señores Serra Hnos., ubicado en el Camino Mendoza, a quienes debo agradecer su valiosa cooperación.)

Se plantan mudas de las variedades citadas con alturas que oscilan alrededor de los 6 centímetros.

Se riegan empleando la solución de Huterwal.

$(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$	.....	850	grs.
SO_4Mg}	.....	420	"
$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$	.....	140	"
NO_3K}	.....	580	"

Agua, cantidad para 1000 litros. En la fórmula indicada, por el autor se parte de sales comerciales y considera que no es necesaria la adición de elementos trazas, por existir como impurezas.

De manera que una solución con cuatro sales partiendo de productos impuros estaría integrada con catorce elementos trazas que se aconsejan para cultivos hidropónicos.

La solución se almacena en cuba de madera con capacidad para 5000 litros (Fig. 4, Pág. 8) y se distribuye a las cajoneras por medio de canillas (Fig. 3, Pág. 8).

Los riegos se realizan en número de uno a tres por día, teniendo en cuenta la longitud de los días y la cantidad de luz, la solución circula por diferencia de nivel y se recoge en depósito de hormigón; mediante una bomba es elevada al tanque para ser nuevamente utilizada. La misma solución se emplea por espacio de un mes sin renovación; por consiguiente, una vez a la semana, o dos, reponemos las sales consumidas y completamos el volumen líquido al nivel primitivo.

Las plantas se aclimatan los primeros días pero después se deshidratan, sus hojas toman color púrpura y aspecto rígido, síntomas de carencia que hace necesario la corrección de la fórmula.

Con las sales comerciales empleadas el cultivo no prospera sin adición de trazas, hemos empleado la fórmula aconsejada por Homes con el agregado de molibdeno y cobalto.

Las observaciones realizadas nos permitieron comprobar que sin adiciones de molibdeno no desarrolla ninguna de las variedades cultivadas o lo hacen en forma precaria; se forman flores que marchitan y caen sin evolución frutal; por esta circunstancia hemos perdido los frutos correspondientes a la primera floración, también hemos comprobado que el *Solanum lycopersicum* presenta un aspecto más saludable con adiciones de cobalto, las hojas toman tonalidad más acentuada, pero no tolera aumento en la dosis; no pasa lo mismo con el molibdeno, frente al cual parece tener gran tolerancia.

La observación objetiva diaria nos permite hacer ajustes a la

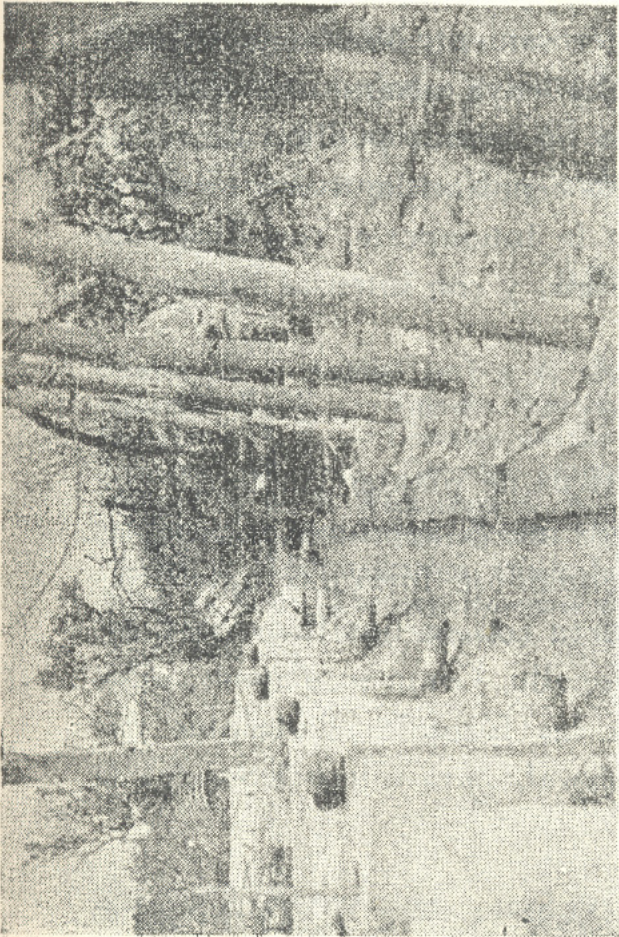


Fig. 1) Caños de desagüe y bomba con motor eléctrico

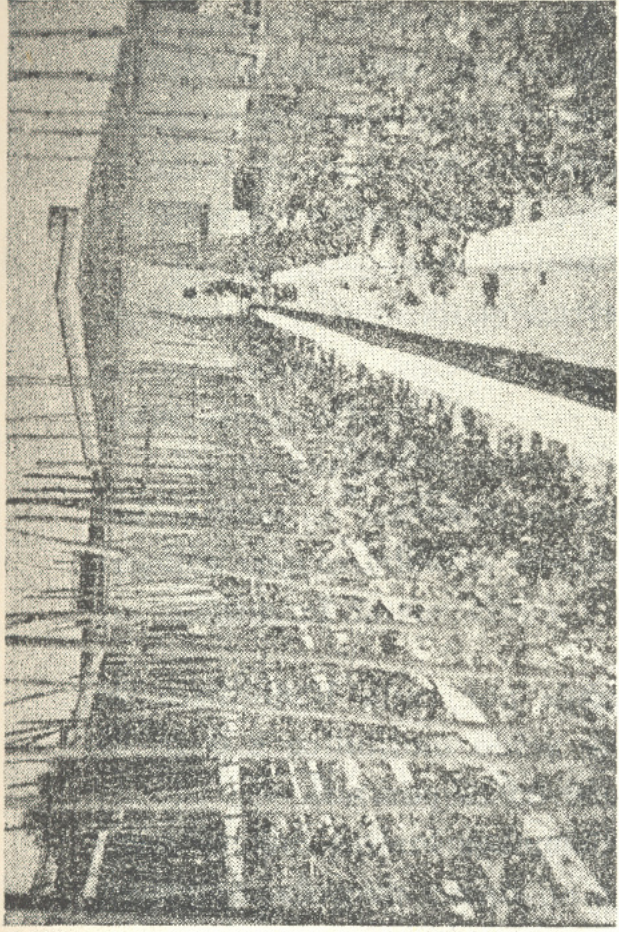


Fig. 2) Vista del plantío en la primera etapa de crecimiento



Fig. 3) Aspecto del cultivo en fructificación



Fig. 4) Solanum Capsicum

fórmula original para obtener un crecimiento normal.

Para la modificación de concentraciones nos basamos en el análisis foliar según técnica de Morgan y otros, determinando en las hojas los niveles entre nitrógeno, fósforo y potasio; este tipo de análisis, por lo demás cómodo y rápido, nos sirvió de guía para aumentar o disminuir en nuestras soluciones los elementos mayores.

A mediados de diciembre la concentración de la solución fué la siguiente:

Nitrato de calcio	2700	grs.
Sulfato de magnesio	780	"
Fosfato nonopotásico	280	"
Nitrato de potasio	220	"
Agua:	1000	litros

Agregamos 50 c.c. de solución Homes por cada 1000 litros de solución y además 50 c.c. de solución de ácido molíbdico a 0 gr. 05 por mil y 50 c.c. de nitrato de cobalto al 0,025 por mil.

En días largos y muy soleados (diciembre-enero) hemos agregado suplementos de hierro y manganeso en forma de pulverizaciones sobre las hojas, aplicadas dos veces a la semana.

Hemos obtenido plantas con altura promedio de 1,80 metros y profusión de frutas que nos llaman poderosamente la atención frente a plantíos testigos realizados en tierra y cuya altura no sobrepasa de 1 metro 10 cm. En nuestros cultivos no hemos podido aunar las mejores condiciones para un rendimiento espectacular como citan los autores de métodos, hemos trabajado a la intemperie, con días ventosos y fríos (octubre y parte de noviembre) y con intensas lluvias.

RESUMEN

Se describen experiencias sobre cultivos de plantas sin tierra empleando variedades de *Solanum lycopersicum*, *S. capsicum*, *Cucurbita pepo*, *Cucumis sativa*, *Phaseolus*, proponiéndose fórmulas nutricias.

Se hacen cultivos en pequeña cajonera con carbonilla vegetal lavada y otro en escala mayor sobre pedregullo. Como soluciones minerales para macroelementos empleamos las fórmulas descriptas por Farnham y White y la citada por Huterwal, para microelementos la de Homes.

Comprobamos que es de capital importancia para los cultivos el pH de la solución, pues sufre grandes variaciones durante el crecimiento y hasta el estado adulto de la planta en que comienza a estabilizarse. Los valores oscilan entre 5,5 a 8,6, siendo el óptimo para las variedades cultivadas de 5,5.

En las soluciones citadas los cultivos no prosperan en forma satisfactoria, modificamos las concentraciones y agregamos los elementos molibdeno y cobalto, llegando a dos fórmulas que nos dan resultados alentadores.

No es posible establecer una fórmula única durante la evolución del cultivo, es necesario modificación en función del crecimiento que implica requerimientos distintos, debiendo considerarse en los distintos medios el factor clima.

CONCLUSIONES

1) Se destaca de interés las técnicas de cultivos sin tierra para investigaciones de fisiología vegetal y como especulación para producciones en gran escala.

2) Se comprueba en nuestro medio el resultado de las fórmulas propuestas; la importancia en el contralor de pH y agregados de molibdeno y cobalto.

2) Los mejores resultados se obtienen con riegos diarios y contactos de corta duración. El número de riegos está condicionado a la luminosidad, uno en días nublados y tres en días de mucho sol.

BIBLIOGRAFIA

- Pirson A. — Annual review of plant Physiology. 6-71-1955.
Alberton F. W. — Tomato Wrowing. 1955.
Hoagland D. R. — Lectures on the inorganic nutrition of plants. 1948.
Turner & Henry. — Growing plants in nutrients solution (1946).
Morgan N. D. & Wickstram G. A. — Guide to quick tissue test. 1956.
Huterwall G. O. — Hidroponia. 1956
Homès. — L'alimentation minerale des plantes.
Went F. W. — The experimental control of plant growth. 1957.
Wallace T. — Trece elements in plant Physiology. 1953.