

# DISERTACION DEL ACADEMICO CORRESPONDIENTE

## UN GRAN DESCUBRIMIENTO EN AGRONOMIA: LAS "TOXINAS" DE PICKERING. LECCIONES DE LOS CULTIVOS HIDROPONICOS

**Ing. Agr. Juan Papadakis**

### 1. Introducción

El hombre, al principio, se limitaba a recolectar los frutos, raíces, etc. de la vegetación natural. Pero observó, que cuando una planta era aislada, rendía mejor. Por lo tanto, empezó a eliminar las plantas inútiles alrededor de las plantas útiles y tenía una huerta primitiva. Más tarde se inventó la siembra o plantación, después de eliminar las plantas, que ocupaban el suelo y se combatían también las plantas que invadían después el cultivo.

De manera que la agricultura es antes que todo una intervención del hombre en la lucha entre plantas, para favorecer las que son útiles. Y para intervenir eficientemente en esta lucha se debe naturalmente conocer el mecanismo de competición entre plantas.

Pero como el hombre es un animal, del punto de vista corporal, extendemos a las plantas lo que sabemos de los animales y nuestras ideas al respecto son erróneas. Los animales luchan por alimentos, y hasta se comen unos a otros; consumen todos los alimentos que hay en un lugar, y emigran; o mueren de hambre, si no pueden emigrar.

Con las plantas es diferente; no se puede aumentar mucho la cantidad de plantas (número x tamaño), que viven en un lugar; pronto se llega a un máximo que muy difícilmente se puede superar. Un lugar puede tener una vegetación bastante tupida y sin embargo esta vegetación continúa tupida durante siglos, hasta milenios. En Rothamsted hay parcelas que se cultivan

sin fertilizantes desde más de cien años; las cosechas se exportan y los rendimientos ahora no son inferiores a los del comienzo de la experiencia.

Todo muestra que las plantas tienen una autorregulación; hay otros factores además de la luz, agua, nutrientes minerales, etc., que limitan la masa viviente que vive en un lugar. La lucha entre plantas no se hace privando a los competidores de alimentos; hay otros mecanismos y esto ha sido el descubrimiento de Pickering.

### 2. La producción de una planta depende del espacio edáfico que ocupa

Para los animales lo que importa son los alimentos. En un establo se puede tener mayor número de animales y mayor producción que en un gran campo. Lo que importa no es el espacio, sino los alimentos. Al contrario las plantas necesitan antes que todo espacio; aumentando los nutrientes, la luz, el agua, etc. se llega rápidamente a una producción, que no se puede superar. En todo el mundo, y con todos los cultivos se hicieron experiencias de densidad de siembra o plantación. Todas muestran lo mismo: el número de plantas por unidad de superficie puede variar del simple al décuplo y el rendimiento es prácticamente lo mismo. En una experiencia del Instituto Internacional del Arroz, en Filipinas (1964), 10 plantas por metro cuadrado dieron un rendimiento, por metro cuadrado, de 316 gramos, y 100 plantas 360 gramos. En una experiencia de Fisher (1966) la densidad

de siembra del trigo varió de 30 kg/ha, y los rendimientos solamente entre 6.300 y 6.700. El maíz, cuando se siembra muy ralo produce muchas espigas por planta y estas espigas no granan bien; por lo tanto hay una densidad óptima; pero aún en este caso las diferencias entre densidades no son grandes; en una experiencia de Katsantonis (1986) los rendimientos variaron entre 9.120 y 9.900 Kg/ha para densidades entre 55.500 y 99.000 pl/ha.

En mi ecología de los cultivos (1938-1954) menciono experiencias hechas en todo el mundo con cultivos diferentes, y todos llegan a la misma conclusión: que la densidad de siembra no tiene influencia entre límites muy distantes del simple al décuplo. Naturalmente los cultivos ralos son invadidos por malezas, y se debe eliminar este factor; en un cultivo invadido por malezas las plantas cultivadas utilizan solamente una parte del espacio.

Otra prueba son los cultivos en macetas. El rendimiento depende del tamaño de la maceta. En el Instituto Fiotécnico de Therralosiki hice experiencias durante 10 años con 10.000-20.000 macetas cada año. La mitad de las macetas tenían una profundidad de 40 cm. y la otra mitad 80 cm. El experimento era factorial, con muchos factores; la mitad de las macetas eran mantenidas a un alto contenido de humedad, y las otras a un bajo contenido; la mitad eran fertilizadas, la otra mitad no; unas se sembraban temprano, otras tarde; la experiencia se hizo con 3 diferentes suelos, y muchos centenares de variedades de trigo, avena y cebada. En todos los casos, todos los años, en todos los suelos, con fertilizantes o sin fertilizantes, con alto y bajo contenido de humedad, siembra tardía o temprana, las macetas de 80 cm. de profundidad dieron rendimientos en grano algo más del doble que las macetas de 40 cm. (Papadakis 1977): los promedios generales han sido 9,6 gramos para las macetas de 40 cm. (profundidad) y 22,9 para las macetas de 80 cm.

Algunos autores quisieran atribuir estos hechos a la luz; la luz es el principal alimento de las plantas. E inventaron teorías como el índice de área foliar (LAI). Pero en las experiencias

de densidad de siembra, el LAI varía mucho de tratamiento a tratamiento; y sin embargo los rendimientos no varían. Cuando se cultiva en macetas, las macetas son muy distanciadas unas de otras; tienen luz muy abundante; pero los rendimientos dependen de la cantidad de suelo por maceta. En los invernáculos la luz es en general menos abundante que en cultivos al aire libre, y sin embargo se consiguen muy altos rendimientos por unidad de superficie. En cultivos en macetas se puede excluir la iluminación lateral, rodeando la macetas con plástico no transparente, pero que no reduce mucho la aeración; los rendimientos no bajan. La luz es naturalmente indispensable para la producción vegetal; pero raramente es el factor limitante.

### 3. El descubrimiento de Pickering

Por largos siglos no se supo que las plantas necesitan nutrientes minerales que absorben del suelo. Y cuando esto se descubrió empezamos a atribuir todo a ellos. Una planta perjudica a sus vecinos empobreciendo el suelo en los nutrientes que absorbe. Pero las cantidades de nutrientes que las plantas absorben son una mínima parte de la cantidad que existe en el suelo. Y además si ésta era la causa, el remedio sería fácil: aumentar la dosis de fertilizantes. Pero en general el daño que causan las malezas, aumenta con la fertilización.

En las primeras décadas del siglo 20, Pickering, director de la Subestación de Woburn de Rothamsted se ocupó de la cuestión. Con adecuadas experiencias se descartó la influencia de las nutrientes, agua, etc. Al fin cultivó gramíneas y otras malezas, en bandejas de poca profundidad con suelo arenoso, y cubrió con estas bandejas la superficie del suelo, por debajo de los manzanos. La lluvia, abundante en Inglaterra, lavaba el suelo de las bandejas, y penetraba al suelo; las raíces de las malezas no; esta agua perjudicaba a los manzanos. La conclusión era obvia. Las malezas no perjudican a los manzanos sustrayendo algo al suelo sino agregando sustancias que perjudican a los manzanos.

No se excluye naturalmente que es-

tas sustancias sean productos de la descomposición de raíces. En todo caso, según Pickering, estas "toxinas" no son específicas y dañan aún las plantas que las produjeron. Desde que los científicos empezaron a cultivar plantas en soluciones, observaron que la solución debe cambiarse frecuentemente y la aeración mejora el crecimiento de las plantas. Ahora con los cultivos hidropónicos, hay vasta experiencia sobre este asunto.

Este proceso explica la influencia de una planta sobre sus vecinas. Pero la influencia de un cultivo sobre los cultivos que lo siguen en la misma tierra, es otra cosa. Muchos cultivos dejan en el suelo una gran cantidad de residuos, con relación C/N muy amplia, y crean hambre de nitrógeno; el remedio en este caso es aplicar nitrógeno (Papadakis 1938, 1954, 1980).

#### 4. Mi contribución experimental

Alrededor de 1933 leí por primera vez una referencia al descubrimiento de Pickering en "Soil Conditions and Plant Growth" de Russell y me impresionó muchísimo. Escribía entonces mi "Ecologie Agricole" (1938) y un capítulo "Les facteurs fytosociologiques", páginas 77-85, está basado principalmente sobre el descubrimiento de Pickering. Además empecé varias experiencias.

Teníamos en el Instituto, desde 1929, una instalación de experiencias de variedades, con 10.000-20.000 macetas, unas superficiales (40 cm.), otras profundas (80 cm.); unas mantenidas a un alto contenido de humedad, otras mantenidas a un bajo contenido de humedad; unas fertilizadas, otras no fertilizadas; con 3 diferentes suelos; siembras tempranas y tardías; de variedades de trigo, pero también de cebada, avena, etc. En todos los casos, con todas las combinaciones de factores, las macetas de 40 cm. dieron algo menos que la mitad del rendimiento de las de 80 cm. Como las macetas eran distanciadas, la luz era abundante para todas, la distancia promedio entre macetas era 1 m mientras que el diámetro de las macetas era 25 cm., como promedio. La experiencia duró más de 10 años.

Hicimos también muchas experien-

cias con densidad de siembra, con diferentes variedades, épocas de siembra, fertilizaciones, etc. En todos los casos todas las densidades dieron los mismos rendimientos. Tampoco había diferencia con diferentes tamaños de semilla. Véase mi "Ecología de los cultivos" (1954) y "Ecología y manejo de cultivos, praderas y suelos" (1980).

Para confirmar el descubrimiento de Pickering hice una experiencia directa; véase "Soil Science", 1941 vol. 52 pág. 283-290. Cultivamos malezas en bandejas de pocos centímetros de profundidad con fondo perforado; las raíces de las malezas salían de las macetas y vivían en soluciones nutritivas. Y con esta solución nutritiva, en las cuales vivían raíces de malezas, regábamos macetas sembradas con trigo. Otras macetas de trigo estaban regadas con la misma solución, en la cual no habían vivido raíces de malezas. La experiencia se hizo con dos concentraciones de la misma solución nutritiva. Los resultados fueron los siguientes:

Rendimiento de trigo:

Concentración de la solución	Menor		Mayor	
	Con	Sin	Con	Sin
Raíces de malezas				
Rendimientos (grano)	0.570	1.368	0.588	1.744

Como se ve la presencia de raíces de malezas en la solución redujo considerablemente el rendimiento. La reducción fue considerable: 58 % con la solución pobre y 66 % con la solución rica. Si la reducción se debía a empobrecimiento de la solución nutritiva por las malezas, debía ser más grande con la solución pobre; con presencia de malezas la solución rica dio un rendimiento 28 % superior. Esto confirma la observación corriente que en presencia de malezas la eficiencia de la fertilización es menor. Esta experiencia confirma la de Pickering; las malezas dañan los cultivos por algo que agregan (toxinas) y el daño es considerable.

Otra experiencia que hicimos fue poner por debajo de una maceta chica con fondo perforado, otra maceta; el rendimiento se duplica, triplica, según el tamaño de la maceta agregada. En

otra experiencia se divide cada maceta en dos con una separación; y se siembra primero una de las dos partes y después de bastante tiempo la otra mitad; poco a poco la planta sembrada más tarde alcanza el tamaño de la otra, y el rendimiento es parejo. En otras macetas el suelo no está dividido en dos; las siembras se hacen en dos fechas distanciadas como en el primer caso. Disponiendo de doble suelo, las plantas sembradas primero crecen y rinden aproximadamente el doble; pero las plantas sembradas tarde en un suelo ya ocupado por raíces de otra planta, crecen muy poco y después mueren. Para mostrar que la iluminación no interviene en el resultado de la experiencia se divide el espacio aéreo con una separación no transparente.

Hicimos también experiencias en soluciones, 1, 2 ó 3 plantas por vaso; el rendimiento por planta era inversamente proporcional al número de plantas por vaso.

## 5. Alelopatía

En los últimos años se habla mucho de alelopatía. Los productos de descomposición de residuos de algunas plantas tienen un efecto nocivo sobre la germinación y crecimiento de otras; algunas veces lo mismo ocurre con el lavado de la planta. Pero hay una gran diferencia entre la interpretación de los alelopátas y la de Pickering. Para los alelopátas estas toxinas son específicas; las excretan solamente algunas plantas, y perjudican solamente a algunas. Para Pickering todas las plantas superiores excretan toxinas que dañan también la planta que las excreta. Tanto del punto de vista teórico, como del práctico, la diferencia es muy grande. Algunos casos de alelopatía pueden ser debidos a toxinas de Pickering. Pero en otros casos se trata de dos procesos diferentes.

## 6. Antagonismo entre agresividad y productividad

Como Pickering comprendió inmediatamente las toxinas que excretan las raíces no son específicas; dañan también la planta que las excretó. En

condiciones naturales una planta está rodeada de plantas pertenecientes a otras especies; las toxinas la ayudan a evitar la invasión del espacio que ocupa por otras.

Pero en un cultivo todas las plantas pertenecen a la misma especie; aún cuando el cultivo es asociado, el agricultor está interesado en el rendimiento de todas las plantas y el efecto es perjudicial. Si tuviéramos variedades que no excretan, o excretan menos toxinas, los rendimientos serían mucho mayores.

Con otras palabras, hay antagonismo entre agresividad y productividad; y este antagonismo tiene importantes implicaciones fitotécnicas (véase párrafo 7).

## 7. Implicaciones fitotécnicas.

Puesto que la excreción de toxinas favorece a las plantas en su lucha contra sus vecinas, pero disminuye el rendimiento cuando se las cultiva, la selección natural selecciona plantas agresivas, pero poco productivas; como dijimos, hay antagonismo entre agresividad y productividad.

Esto se confirma por el hecho que mientras hay en el mundo centenares de millones de plantas superiores, el hombre cultiva principalmente para su alimentación solamente tres especies: el trigo, el arroz, y el maíz; la cebada, avena, centeno, y papa intervienen, pero poco. Y las mismas especies, con la soja, proveen los alimentos concentrados para la producción de carne y leche. Todas estas especies se cultivan desde el comienzo de la agricultura, hace aproximadamente 10 mil años. Y ninguna de ellas se encuentra en la vegetación natural; si no se cultivaran, habrían desaparecido.

Estos hechos confirman el antagonismo entre productividad y agresividad. Las especies productivas no pueden sobrevivir, cuando deben luchar con otras especies. La selección natural crea especies agresivas pero poco productivas.

No sabemos cómo el hombre domesticó las plantas cultivadas. Pero por cierto observó que cuando una planta crece aislada, crece mejor y produce más. Y aprendió a eli-

minar las plantas inútiles, que crecen cerca de las útiles. Así se formaron las primeras huertas. La siembra y plantación se inventaron más tarde. De manera que la domesticación se hizo seleccionando entre plantas que crecían aisladas sin competir con otras plantas eligiéndose plantas productivas, no agresivas.

Los trigos productivos que los ingleses lanzaron al mercado en el siglo 19, provenían, cada uno de una planta, que tenía muchas y buenas espigas; para tener tantas espigas crecía aislada de otras plantas; en otras palabras la selección se hizo entre plantas que no sufrían la competencia de otras plantas.

Estos trigos se introdujeron en el continente europeo, y daban buenos rendimientos cuando el agricultor era bueno y sus cultivos limpios de malezas. Pero cuando se sembraban por agricultores malos, cuyas tierras eran enmalezadas, los rendimientos eran bajos. Por lo tanto, se formó la opinión, que las variedades mejoradas son solamente para agricultores buenos y que antes de introducir variedades mejores, hay que mejorar la preparación de los campos, rotación, etc.

Vinieron entonces las teorías de Lamarck y sosteniéndose que las mejores variedades de plantas o animales se consiguen alimentándolos mejor. En algunos países estas ideas estaban todavía muy difundidas al principio del siglo 20. Vinieron después la teorías de Darwin, y se creyó que la selección natural crea la mejor variedad para cada caso. Felizmente los fitotecnistas, y los agricultores dieron poca importancia a todo esto.

Dijimos ya que las especies, que proveen al hombre la casi totalidad de las calorías que necesita son una ínfima parte de las especies existentes. En todo el mundo y en todos los cultivos se cultivan variedades "of great adaptability", "passe-partout". Y se podría decir, que la selección natural selecciona plantas agresivas, resistentes a enfermedades. Pero sólo la selección artificial, entre plantas no sometidas a competición, crea variedades productivas.

Muchos fitotecnistas, después de hacer un cruzamiento, dejan por al-

gunos años multiplicarse la descendencia y empiezan entonces la selección; pero la selección natural ha eliminado entre tiempo, los genotipos más productivos, y el cruzamiento no da los resultados que podría dar.

Para que la selección artificial dé resultados, se debe eliminar la competición entre plantas lo que se consigue sembrando las plantas a grandes distancias una de otra (más de 50 cm en el caso del trigo, de 1 m en caso de maíz); o mejor en macetas con una planta por maceta. Empezamos a usar este método en 1930, con excelentes resultados (Papadakis 1935 a, 1935 b, 1937, 1978, 1981, 1985). El trigo 38290, que dominó la agricultura griega durante 20 años se obtuvo con este método; el cruzamiento, Rieti x Quality, se hizo en 1934. Después de la guerra el Instituto de Salónica abandonó los métodos de macetas y "pockets" y el Instituto no pudo producir ningún trigo de gran éxito. Otras ventajas de este método es que el rendimiento por planta es mucho mayor, y el trabajo fitotecnista se acelera.

Japón parece ser el origen de muchos genes de productividad.

## 8. Lecciones desde la hidroponía (Soilless culture).

El cultivo de plantas en soluciones presenta muchas dificultades. Si uno no cambia frecuentemente la solución, y si no la aerea frecuentemente la planta crece miserable y hasta puede morir. Esto confirma el descubrimiento de Pickering, que las plantas excretan toxinas, que son dañinas aún para ellas mismas, y que estas toxinas desaparecen por oxidación.

Pero se consiguen ahora rendimientos muy altos en hidroponía; en ciertos cultivos de hortalizas, etc., el cultivo hidropónico es comercialmente importante. La cuestión es conseguir una buena aeración de la solución nutritiva.

A veces se cultivan las plantas, con las raíces desnudas, pero se las asperja continuamente con una solución nutritiva, con tal frecuencia, que están continuamente mojadas. En otros casos las raíces viven sobre una película, sobre la cual corre la solución

nutritiva. En otros casos las raíces viven en una maceta llenada con un material inerte (piedra pómez, perlita, etc.) muy poroso, capaz de absorber agua muchas veces su peso; se usa también turba. Lo esencial es que las raíces sean continuamente cubiertas por una solución delgadísima, cuyo contenido en oxígeno se mantiene en todas partes alto.

Con estos métodos se consigue un gran rendimiento por unidad de espacio radicular. Parece que se llega a que un aumento del espacio radicular no aumente más el rendimiento.

En experiencias de Mavroyannopoulos (1986) 9 litros de perlita por planta de tomate eran suficientes para tener rendimientos de 8 kg. de tomate por planta.

Se podría decir que en cualquier suelo agrícola, aún los más arenosos, los granos son demasiado pequeños y la aeración insuficiente para que la tensión del oxígeno en la solución del suelo se mantenga a un nivel suficientemente alto; y el rendimiento depende, antes que todo del espacio radicular, libre. Con la perlita, la lana de roca, la turba, etc. el aire penetra muy fácilmente en el suelo, la oxigenación es mejor y la planta puede alcanzar su rendimiento máximo con menor espacio radicular. Y todavía mejores son las condiciones, cuando la solución está corriendo y aerada cada tanto.

Actualmente los que se ocupan de hidroponía, aún los investigadores, ignoran el descubrimiento de Pickering. Todo lo que descubrieron lo encontraron empíricamente. Si lo sabían, habrían tratado de determinar la naturaleza química de estas sustancias, la química de su producción, nocividad, oxidación, etc. y encontrar métodos para reducir su nocividad. El progreso es mucho más rápido cuando conocemos el proceso, en el cual intervenimos.

La experiencia hidropónica sugiere, que el etileno puede ser una de las sustancias dañinas y que el ion Ag (plata) actúa como antagonico del etileno.

## **9. Implicaciones para el manejo de las pasturas**

El gran problema de las pasturas es que el ganado come de preferencia las plantas útiles; el crecimiento de ellas se detiene, o mueren; y dañan las plantas de poco valor. Ahora tenemos los herbicidas selectivos, por los cuales podemos combatir las especies malas. Pero, excepto algunos casos especiales, no se trata de una especie, se trata de muchas. La aplicación se hace por aspersión, que podríamos llamar "ciega", porque se asperjan todas las plantas, buenas y malas, toda la superficie de la pradera, la que necesita aspersión y la que no la necesita. Esto complica el problema y hace la intervención demasiado costosa.

Se debería orientar hacia los herbicidas de contacto, que se aplican fácilmente solamente a las plantas nocivas, que el herbicida puede destruir. Esto aumentaría enormemente la eficacia, y reduciría el costo de la operación. Además el costo sería principalmente mano de obra, y esto es una gran ventaja en el caso de los países en desarrollo. Podemos agregar que casi todos los países sufren de desempleo; las perspectivas son pesimistas; la migración de gente de la cultura a las ciudades se hizo más lenta; todo esto hace deseable emplear más mano de obra en agricultura.

La lucha contra las especies no deseadas se hace más fácil cuando las especies cultivadas son de gran tamaño, arbustivas a árboles. Por lo tanto, en muchos casos se debe orientar hacia las praderas arbustivas, y a la cabra, en zonas con vegetación arbustiva. Muchos arbustos son buenas forrajeras y se las podría mejorar; además de hojas, producen también frutos o semillas. Algunas de estas especies son leguminosas, lo que es también una ventaja. La cabra valoriza bien esta vegetación, produciendo carne y leche. La carne de los cabritos, que se despreciaba antes, está ahora preferida, y consigue mejores precios en todo el mundo. Cuando el pastoreo se completa con alimentos concentrados, especialmente en los períodos de invierno, sequía, etc., la cabra da una cantidad de leche muy apreciable. Por lo tanto, el interés por la cabra aumentó últimamente en muchos países, especialmente en los con vegetación arbus.

tiva, precios altos de productos ganaderos y desempleo.

Hay que notar que los arbustos forrajeros son resistentes al sobre pastoreo, y defienden mejor el suelo contra la erosión. Por lo tanto su difusión sería también aconsejable desde el punto de vista de la conservación del suelo.

## 10. Implicaciones silvícolas

En muchos bosques naturales la única intervención del hombre consiste en sacar los árboles, que han alcanzado un gran tamaño. Pero el crecimiento de estos árboles ha sido impedido durante años y años por el antagonismo de sus vecinos; y los rendimientos que se consiguen por unidad de superficie y tiempo son bajos.

Por lo tanto en los bosques sembrados o plantados, el silvicultor interviene periódicamente, sacando árboles que han alcanzado un cierto tamaño, lo que facilita el crecimiento de los que quedan. Lo ideal, aunque a veces es antieconómico, o imposible, sería plantar los árboles suficientemente distanciados, y usar el espacio no ocupado por los árboles, para pastoreo, u otros cultivos.

## 11. El método de plantar árboles "Kallidendron"

Un nuevo método de plantar árboles empezó a difundirse por el profesor Kallistratos de la Universidad de Ioannina de Grecia. Los árboles se plantan en bolsas, de aproximadamente 50 kilos, llenados con perlita u otro material muy poroso; se agrega una preparación comercial que probablemente acelera la destrucción de las "toxinas" radiculares; y después de la plantación, el riego, cuando se usa, se aplica al saco. El profesor Kallistratos ensaya su método en Grecia, Senegal, Etiopía, China, etc. y llegó a interesar mucha gente en él.

El método se inspira naturalmente en los métodos hidropónicos (soilless culture). Y los resultados se explican por el descubrimiento de Pickering. Los 50 litros del saco equivalen a un volumen de suelo mucho mayor; además las raíces perforan el saco, y usan el suelo del campo. Tratándose de un

nuevo método, no se pueden excluir fracasos. Pero perfeccionándolo en base a la investigación mencionada en el párrafo 12, tendrá muchas aplicaciones (Papadakis 1987). El profesor Kallistratos no es agrónomo, sino médico-dietólogo, y lo hace para mejorar la nutrición de la gente hambrienta de los países subdesarrollados.

## 12. Implicaciones para la investigación

Los que se ocupan de alelopatía ignoran las "toxinas" de Pickering; si las conociesen, hubiera dado otro curso a sus investigaciones. Ahora examinan cada caso separadamente, como un fenómeno curioso, de importancia muy limitada.

Lo mismo ocurre con los investigadores de hidroponía (soilless culture). Ellos ignoran las "toxinas" de Pickering y la alelopatía. Creen aún, que lo que han observado en el cultivo del tomate, por ejemplo, ocurre solamente con el tomate.

Sin embargo las investigaciones ya hechas en hidroponía van a ayudar mucho a solucionar el problema. Debemos ver: ¿Si la baja presión de oxígeno en el agua del suelo, la presencia de etileno, y su cantidad se observa no solamente cuando las plantas se cultivan en soluciones, sino también en suelo? ¿Qué otras sustancias hay en esta solución, en qué dosis y si son nocivas? ¿Cómo se podría con métodos fisicoquímicos acelerar la desaparición de estas sustancias? Estudiar toda la química biológica de la rizófera. Y desarrollar una tecnología, que permita tener cultivos más densos, y por consiguiente mayores rendimientos. El ion Ag (plata) parece ser antagonístico del etileno.

¿Se puede preguntar por qué siendo todo esto tan obvio, nada se hizo hasta ahora? Cuando Pickering publicó sus trabajos, la química no había progresado tanto; y determinar la naturaleza química de las sustancias contenidas en las soluciones que impiden el crecimiento, no era tan fácil. Con la Segunda Guerra Mundial entramos en la era de excesiva especialización. Antes del cataclismo de las publicaciones, y la disminución del interés de los investigadores para su trabajo, cada uno

lee muy poco, lo estrictamente vinculado con el trabajo que está haciendo; y cuando lee, no lo hace con espíritu crítico; acepta la opinión del autor, no porque lo convencieron sus argumentos, sino porque es considerado como una autoridad en la materia; pero en la gran mayoría de los fenómenos intervienen factores estudiados por varias especialidades. Por lo tanto los científicos se ponen anteojeras, y no ven sino una parte del sistema que se investiga y no se llega a conclusiones, o éstas son erróneas. La formación de equipos interdisciplinarios rara vez soluciona el problema; cada cerebro funciona separadamente; no es fácil la combinación de ideas que se encuentran en diferentes cerebros; la relación debe ser muy íntima, y continúa, entre investigadores, para que esto ocurra.

Hay que notar que no es la primera vez que se hace un descubrimiento y la ciencia lo ignora por largo tiempo. Newton formuló su teoría corpuscular de la luz y durante más de un siglo la totalidad de los físicos rechazaron

la teoría de Newton; Mendel descubrió las leyes de la herencia, envió su trabajos a eminentes científicos, pero fue ignorado durante 35 años. En una cuestión de menor importancia, yo publiqué en 1937 un método de experimentación en el campo, que reduce considerablemente el error. Bartlett lo comentó con un "paper" en 1938 en el *Journal of Agricultural Science*. Se usó en algunos países. Pero después de la Segunda Guerra Mundial se reemplazó en casi todo el mundo por los métodos del análisis de la variancia. De repente en la década del 70, sin que yo supiera nada, se puso de moda, y se publicaron muchas decenas de trabajos sobre él en diferentes países.

No se debe olvidar que, debido a muchas causas, la ciencia entró en una era de decadencia; el dogmatismo es muy frecuente, la irracionalidad avanza. El progreso tecnológico continúa, nutrido por la ciencia del pasado, que puede considerarse como la era de oro de la ciencia (Papadakis, 1982).



## BIBLIOGRAFIA

- Adams, D.O., and Yang, S.F. (1979) Ethylene biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proc.Nat.Acad.Sci. USA* 76: 170-174.
- Bell, D.I., and O.E. Koepe (1972) On competitive effects of giant foxtail on the growth of corn. *Agron.J.* 64, 321-325.
- Beyer, E. Jr. (1976) Silver ion: a potent antiethylene agent in cucumber and tomato. *Hort.Science* 11 (3): 195-196.
- Blackman, G. E., and Wilson G. L. (1951) Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. *Ann.Bot.Lond. N.S.* 15, 63-94 and 374-378.
- Bradford, K.J. and Dilley, D.R. (1978) Effect of root anaerobiosis on ethylene production, epinasty, and growth of tomato plants. *Plant Physiol.* 61: 506-509.
- Bradford, K.J. and Yang, S.F. (1980 a) Xylem transport of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, an ethylene precursor, in waterlogged tomato plants. *Plant Physiol.* 65: 322-326.
- Bradford, K.J. and Yang, S.F. (1980 b) Stress induced ethylene production in the ethylene requiring tomato mutant diageotropics. *Plant Physiol.* 65: 327-330.
- Cooper, A. (1976) Crop production with nutrient-film technique. *Proc. 4th. Intern. Congr. of Soilless Culture*: 121-136.
- Drew, M.C., Jackson, M.B., Giffard, S.C. and Campbell, R. (1981) Inhibition of silver ions of gas space (aerenchyma) formation of adventitious roots of *Zea mays* L. subjected to exogenous ethylene or to oxygen deficiencies. *Plant* 153: 217-224.
- Hurd, R.C. and Price, D. (1977) Root death and mid-crop wilting of tomatoes in nutrient film. *Horticulture Industry* pp 15-18.
- Jackson, M.B. (1980) Aeration of the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide. *Acta Hort.* 98: 61-78.
- Jackson, M.B. and Campbell, D.J. (1975 b) Movement of ethylene from roots to shoots, a factor in the responses of tomato plants to waterlogged soil conditions. *New Phytologists* 74: 397-406.
- Jackson, M.B. and Campbell, D.J. (1978) Effect of water logged soil conditions on the production of ethylene and on water relationships in tomato plants. *Journal of Experimental Botany* 29: 183-193.
- Konings, H. and Jackson, M.B. (1979) A relationship between roots and the promoting or inhibiting effects exogenous ethylene and on water on root elongation. *Zeitschrift Pflanzenphysiologie* 92: 385-397.
- McAuliffe, C. (1966) Solubility in water of paraffin, cycloparaffin, olefin, acetylene cycloolefin and aromatic hydrocarbons. *Journ.Phys.Chem.* 70: 1267-1275.
- Mavroyiannopoulos G. (1986) Vegetables water crop in bugs with perlite and the effect of bug volume on the tomato fruit yield in the green house. *Gorgiki Erevno* 10: 5-12.
- Nakayama, M., Shimura, K and Ora, Y. (1973) Physiological action of ethylene in crop plants IV. Effect of ethylene application to roots on the growths of tomato soybean plants. *Proc. Crop. Sci.Soc Japan* 42 (4): 493-498.
- Nieuwenhuizen, W. N. (1983) The effects of solar radiation and nutrient solution temperature on the uptake of oxygen by submerged roots of mature tomato plants. *Plant and Soil* 70: 353-366.
- Papadakis, J. (1935 a) Varieties experiments in pots. *Thessaloniki Plant Breeding Inst. Bull.* 20.
- Papadakis, J. (1935 b) The Pocket Method of varieties experiments. *Thessaloniki Plant Breeding Inst. Bull.* 21.

- Papadakis, J. (1937 a) Est-ce seulement d'après le rendement en grain que se fait la sélection naturelle chez les plantes cultivées. Thessaloniki Plant Breeding Inst. Bull. 26.
- Papadakis, J. (1937 b) Expériences et Perfectionnements à la méthode des Pockets pour essais de variétés. Thessaloniki Plant Breeding Inst. Bull. 27.
- Papadakis, J. (1938) Ecologie Agricole. Bibliothèque Agronomique Belge, Gembloux.
- Papadakis, J. (1940) The relation of the number of tillers per unit area to the yield of this plant, and its bearing on fertilizing and breeding this crop. Soil Sci. 50, 369-388.
- Papadakis, J. (1941) An important effect of soil colloids on plant growth. Soil Sci. 52, 283-290.
- Papadakis, J. (1949) El espacio (volumen de tierra fina) como factor de crecimiento de las plantas. Lilloa (Tucumán) XXVII 215-224.
- Papadakis, J. (1954) Ecología de los Cultivos, Vol I, Ecología General. Buenos Aires.
- Papadakis, J. (1960) Geografía Agrícola Mundial, Barcelona.
- Papadakis, J. (1977) The Mechanism of Plant Competition. Buenos Aires.
- Papadakis, J. (1978) Root Toxins and Crop Growth. Allelopathy. In Gupta "Crop Physiology". New Delhi 202-237.
- Papadakis, J. (1980) Ecología y Manejo de Cultivos, Pasturas y Suelos. Buenos Aires.
- Papadakis, J. (1981) Plant Breeding for Superior Yielding Ability. Buenos Aires.
- Papadakis, J. (1982) Errores en la Ciencia de Nuestros Días. Cahiers de L'Orstom Pedol, vol XIX, 1, 98-104, Paris.
- Papadakis, J. (1985) Advances in Plant Breeding Methodology. Proceedings of the Academy of Athens 60: 243-266.
- Papadakis, J. (1987) An interesting method of planting trees "Kallidendron of Prof. Kallistratos". Proceedings of the Academy of Athens. In press.
- Pickering (1917) Influence nuisible exercée par une plante sur une autre (translated title) Ann.Bot. XXI: CXXII. Abstr. in Inter.Rev.Sci.Pract.Agr. Roma IX, 7, 1917.
- Post, C. J. van der (1968) Simultaneous observations on root and top growth. Acta Horticulturae 7: 138-143.
- Pratt, H.K. and Goeschl, J.D. (1969) Physiological role of ethylene in plants. Annual Rev. Plant Physiol. 20: 541-584.
- Rud-Jones, D. and Windsor, G.W. (1978) Environment control in the root zone: Nutrient film culture. Acta Horticulturae 87: 185-195.
- Wilson, G.C.S. (1983) Tomato production in bark substances. Acta Horticulturae 150.
- Yu, Y.B. and Yang, S.F. (1980) Biosynthesis of wound ethylene. Plant Physiol. 66: 281-285.