

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE AGRONOMÍA

INFORME PRIMERA VISITA MAYO-JUNIO 1996

**“ CONSULTORÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN
PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE VARIEDADES,
BANCO DE GERMOPLASMA Y APOYO AL PROGRAMA
DE CERTIFICACIÓN DE PLANTAS DE CÍTRICOS”**

CONSULTOR: PROF. JOSÉ FRANCISCO BALLESTER-OLMOS

FINANCIADO POR: FUNDACIÓN FONDO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

PATROCINADO POR: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO

INDICE

FORMULARIO B-II. INFORME TECNICO FINAL SUBPROGRAMA CONTRATACION CONSULTORES CALIFICADOS

1. IDENTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	1
1.1 Título de la Propuesta	
1.2 Especialidad	
1.3 Nombre Consultor	
1.4 Patrocinante	
1.5 Contraparte Nacional	
1.6 Grupo que presentó la propuesta	
2. ASPECTOS TÉCNICOS	2
2.1 Itinerario desarrollado por el consultor	
2.2 Cumplimiento del o los objetivos propuestos	
2.3 Evaluación del consultor por la contraparte nacional	
2.4 Aplicabilidad en Chile	
3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	4
3.1 Organización antes de la visita del consultor	
3.2 Organización durante la visita	

FORMULARIO B-III. INFORME FINANCIERO FINAL. SUBPROGRAMA CONTRATACIÓN CONSULTORES CALIFICADOS.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	5
1.1 Título de la propuesta	
1.2 Especialidad	
1.3 Nombre Consultor	
1.4 Patrocinante	
1.5 Contraparte Nacional	
1.6 Grupo que presentó la propuesta	
2. ASPECTOS FINANCIEROS	6
2.1 Gastos realizados	
2.2 Rendición de cuentas	
2.3 Recursos otorgados	

CONSULTORÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE VARIEDADES, BANCO DE GERMOPLASMA Y APOYO AL PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE PLANTAS DE CÍTRICOS

INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVOS	9
INFORME DE LA PRIMERA CONSULTARÍA	10
I Diseño de instalaciones para la unidad de diagnóstico. Cálculo de los sistemas de control climático.....	11
II Establecimiento del banco de razas de virus y viroides que afectan a los cítricos....	13
III Apoyo al establecimiento de un reglamento técnico de control y certificación de material vegetal de <i>Citrus</i>	14
IV Puesta a punto de técnicas de diagnóstico. Visualización y detección de síntomas sobre plantas indicadoras	15
V Puesta a punto para la fertirrigación de plantas de cítricos en macetas	17

VI Observaciones al banco de germoplasma de cítricos de la Facultad de Agronomía, U.C.V.	18
VII y VIII Estudio del estado sanitario del arbolado de cítricos de las plantaciones. Prospección de diagnóstico virológico y viroidológico. Prospección a la zona centro sur del país para observar plantaciones de cítricos	18
CONSIDERACIONES FINALES	19

ANEXOS

1. Gastos realizados
2. Indexing de virosis de cítricos en invernadero
3. Construcción de invernadero

“CONSULTORÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE VARIEDADES, BANCO DE GERMOPLASMA Y APOYO AL PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE PLANTAS DE CÍTRICOS”

INTRODUCCIÓN

El Programa para la Certificación de Plantas de Cítricos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, partió en el año 1991 con la presentación de un proyecto al Fondo de desarrollo tecnológico FONDEF, titulado “Agricultura limpia para la exportación de especies subtropicales” (Fondef AI-04), y que una de sus líneas de investigación incluía este programa, el que fue aprobado en 1992. En este momento el programa cuenta con un banco de germoplasma de cítricos consistente en cuatro variedades de limoneros, seis variedades de mandarinos, seis de pomelos, nueve variedades de naranjas y ocho de portainjertos más plantas indicadoras. Este material fue donado por el USDA- ARS National Germplasm Repository for Citrus and Dates de California, USA, y se encuentra libre de virus, viroides, plagas y otras enfermedades. Además, el programa posee un invernadero compartimentalizado para el indexaje por un lado de los virus y en otro sector para los viroides.

Para cumplir con el propósito de desarrollar un programa de certificación de plantas de cítricos, se ha debido implementar los Laboratorios de Micropropagación y de Fitopatología, con el propósito de realizar técnicas de saneamiento, indexaje serológico, multiplicación de plantas indicadoras, técnicas no desarrolladas previamente en el país para plantas de cítricos, lo que fue facilitado gracias a constantes viajes de capacitación que han realizado las investigadoras a diferentes centros como los programas de Estados Unidos, Uruguay y Venezuela.

A pesar de lo anteriormente expuesto el programa requería el apoyo específico en lo relacionado al indexaje biológico de virus, es decir, que exista un experto que corrobore la sanidad del material a indexar mediante la aprobación de la metodología empleada, la puesta a punto de las instalaciones de invernadero y climatización adecuadas para producir plantas indicadoras de alta calidad y de este modo asegurar que si las plantas están enfermas éstas presenten síntomas.

Por esta razón la Facultad de Agronomía postuló al programa de capturas tecnológicas, subprograma de consultores calificados de la Fundación Fondo de Investigaciones Agropecuarias, FIA, para la traída de un experto en indexing biológico de plantas de cítricos, aprobándose la venida del profesor e investigador José Francisco Ballester-Olmos, considerándose además la experiencia del profesor Ballester-Olmos en los procesos de cultivo y multiplicación de plantas, elaboración de sustratos y fertirrigación de plantas de cítricos bajo condiciones de invernadero.

Finalmente, en nuestro país existe una reglamentación vigente que fue promulgada en 1984, para la certificación de plantas frutales, sin embargo, hasta la fecha aún no se ha implementado ningún programa de certificación, requiriéndose además modificar la reglamentación sobretudo la relacionada con las plantas de cítricos. Desde ese punto de vista, fue importante el apoyo que brindó el profesor Ballester-Olmos al Servicio Agrícola y Ganadero a la adecuada reglamentación para nuestro país, considerando que España posee más de 20 años de experiencia en certificación de plantas de cítricos.

OBJETIVO DE LA CONSULTORÍA

Traer un experto en indexaje biológico de virus y viroides que afectan a plantas de cítricos, y todo lo concerniente con la mantención de las plantas indicadoras, fertirrigación, banco de germoplasma de cítricos, y de razas de virus y viroides, más diagnóstico en el campo de problemas virales, requisitos indispensables para llevar a cabo un programa conducente a la certificación de plantas de cítricos. Además, se contempla el apoyo a la reglamentación técnica y organización de las instituciones involucradas en un programa de certificación de plantas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudio del estado sanitario de las plantaciones de cítricos.
- Prospección de diagnóstico virológico y viroidológico.
- Proposición de mejoramiento del diseño de las instalaciones para la unidad de diagnóstico biológico de virus y viroides
- Apoyo técnico a la multiplicación de cítricos y la inoculación de virosis.
- Puesta a punto de las técnicas de diagnóstico, visualización y detección de síntomas sobre plantas indicadoras.
- Puesta a punto de las técnicas de producción de plantas indicadoras.
- Diseño de un banco de razas de virus y viroides.
- Comentario sobre las técnicas de cultivo de tejido *in vitro* aplicadas en la obtención de material sano.
- Indexaje de virosis de las plantas obtenidas *in vitro*.
- Cooperación para el establecimiento de una reglamentación técnica de control y certificación de material vegetal de citrus.
- Cooperación para la organización del sector implicado en la certificación, gubernamental, privado e instituciones de investigación.

INFORME DE LA PRIMERA CONSULTARÍA

El profesor José Francisco Ballester-Olmos visitó nuestro país entre los días 26 de abril y 8 de junio inclusive, con el fin de asesorar el Programa de Certificación que está llevando a cabo la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso y aspectos relacionados a éste. Su estadía la enfocó a diversos temas, los cuales fueron desarrollados en forma separada, destinando uno o dos días para cada actividad.

El presente informe se divide en dos partes, los diferentes temas que abordó el profesor, en los cuales se detalla los conocimientos y comentarios que aportó, y las actividades en las que participó, donde se describe en que consistió cada una de éstas.

Índice de temas

- I. Diseño de instalaciones para la unidad de diagnóstico. Cálculo de los sistemas de control climático.
- II. Diseño de un banco de razas de virus y viroides.
Colaboración en proyecto enviado a Fondecyt, Junio 1996.
- III. Apoyo al establecimiento de un reglamento técnico de control y certificación de material vegetal de *Citrus*.

Índice de actividades

- IV. Puesta a punto de las técnicas de diagnóstico. Visualización y detección de síntomas sobre planta indicadoras.
- V. Puesta a punto para la fertirrigación de plantas de cítricos en macetas.
- VI. Observaciones al banco de germoplasma de cítricos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso.
- VII. Estudio del estado sanitario del arbolado de cítricos de las plantaciones.
Prospección de diagnóstico virológico y viroidológico.
- VIII. Prospección de la zona centro-sur del país para observar plantaciones de cítricos.

I. Diseño de instalaciones para la unidad de diagnóstico. Cálculo de los sistemas de control climático.

Una unidad de diagnóstico está constituida por las siguientes partes:

Invernadero frío . Este invernadero tiene por finalidad el diagnóstico de las siguientes virosis de cítricos: Tristeza, complejo Psorosis y Vein Enation. La temperatura debe fluctuar entre 18 y 26°C. No debe ser inferior a 18°C porque las plantas no crecen adecuadamente y lo que interesa es que los test se hagan rápidamente y no mayor a 26°C porque los síntomas se enmascaran, especialmente las razas leves o débiles.

Invernadero caliente . La finalidad de este invernadero es el diagnóstico de los viroides Exocortis y Cachexia y del espiroplasma del Stubborn. La temperatura debe fluctuar entre 28 y 32°C.

Invernadero de cultivo . Este invernadero es indispensable para el cultivo y crecimiento de plantas indicadoras. La temperatura debe fluctuar entre 18 y 30°C. Si se quiere forzar el crecimiento, la mínima no debe ser inferior a 20-25°C y la máxima puede llegar hasta 35°C.

Invernadero de cuidados intensivos. Es un invernadero de menor tamaño cuya finalidad es el cultivo de las plantitas procedentes de tubos de ensayo (propagación *in vitro*). La temperatura debe fluctuar entre 18 y 26°C, además se debe mantener una humedad y luminosidad adecuada.

Banco de Germoplasma. Es una estructura aislada con malla antiáfidos cuyo propósito es conservar material libre de virus, que una vez indexado se certifica. En este recinto se debe contar al menos con dos árboles por variedad en macetas de 50 cm de diámetro.

Banco de razas . Es una estructura aislada con malla antiáfidos cuya finalidad es guardar material que contiene plantas en macetas con diferentes razas de virus y viroides que afectan a los cítricos.

Estación de Cuarentena . Esta estación cumple con el objetivo de aislamiento de material introducido del extranjero para la obtención de material libre de virus y viroides. Los indexajes del material se hacen dentro de la estación de cuarentena, y cuando se está seguro de su estado sanitario se pasan las plantas al banco de germoplasma, por lo tanto acá se necesitarán cabinas calientes y frías.

Area de esterilización y almacenaje de suelo . Esta área incluye un dispositivo generador de vapor, para la esterilización de la arena y sustrato para el desarrollo del material de cítricos..

Otros : Oficina, laboratorio de recepción de muestras y bodega.

I.i Diseño y construcción de invernaderos

Los invernaderos en capilla o doble vertiente se usaban en Europa y Estados Unidos para soportar una cubierta de vidrio, siendo estructuras muy robustas.

En los años 70 un investigador belga llegó a la conclusión que los invernaderos de techo curvo eran más eficientes en recoger y aprovechar la iluminación solar, punto muy importante para los europeos y norteamericanos. para llevar a cabo esta idea, surgieron otros materiales como el poliéster, el PVC, el policarbonato, el polimetacrilato y la lámina de polietileno. Con estos nuevos materiales se logró abaratar el costo del invernadero a un tercio del original. Este aspecto fue considerado previamente por el programa de certificación de plantas de cítricos, contándose en la actualidad con un invernadero compartimentalizado, de techo curvo y cubierto con policarbonato.

Dentro de los puntos más importantes a considerar en la construcción de un invernadero está el hermetismo, para la mantención de las temperaturas y el aislamiento de las condiciones externas, el cual está determinado por un equilibrio entre los factores de costo y rigor de la estructura.

El diseño del invernadero se basa en una construcción a base de fierro galvanizado de 6m de ancho, con un sistema de doble puerta en la parte anterior de 2*2,5m, espacio que permite que una persona con una carretilla pueda entrar cómodamente. Este aspecto será considerado en una futura construcción del invernadero, ya que actualmente los fierros de la estructura metálica no se encuentran galvanizados, siendo necesario una mantención anual para que la humedad impida la corrosión de éstos.

Hacia el interior, se encuentra a un costado un pasillo de cemento de un metro de ancho que se extiende a lo largo del invernadero. En forma perpendicular a este pasillo se ubican las bancadas, distanciadas a 0.55m entre sí, sobre un piso de gravilla de 2 cm de espesor. Este aspecto ha sido considerado lo que nos permitiría incluir una bancada más por invernadero ya que actualmente éstas se encuentran a una distancia de un metro. El piso de este invernadero es superior a lo aconsejado ya que se encuentra actualmente con un radier de 12 cm en base a cemento y arena.

Las bancadas están hechas en su base de fierro galvanizado y sobre ésta una lámina de fibrocemento de 1 cm de espesor. las dimensiones de la bancada son de 1.2 m de ancho y 0.7 de alto, lo cual está relacionado con la eficiencia de las labores y con el aprovechamiento máximo del espacio. Para un mejor uso del invernadero existen las bancadas móviles, sistema en que no se deja espacio entre ellas, sino que hay solo un pasillo de 0.6 m. Con este sistema se logra un aprovechamiento de un 95%, en comparación con un 50% en el caso de las bancadas estáticas. Este aspecto será considerado sobretodo cuando la necesidad de plantas a indexar supere a las actuales, lo que prácticamente permitirá duplicar la superficie a indexar sin contar con la necesidad de ampliar el invernadero.

Sobre las bancadas se ubican las plantas en macetas de 15 y 17 cm, dependiendo si es una o dos plantas por maceta.

Lii Climatización

Calefacción. Para la calefacción de los invernaderos existen dos sistemas, aire caliente y agua caliente. El sistema de aire caliente consiste en un generador compuesto de un quemador, un sistema de tuberías y un turboventilador, lo que permite obtener un flujo de aire de aproximadamente 45°C. Este sistema está conectado a un termostato que lo enciende y lo apaga, siendo necesario colocar uno o varios calefactores por invernadero. Es un sistema barato de instalar, pero caro en consumo, de baja eficiencia y puede tener algún efecto negativo sobre las plantas más cercanas a él.

El sistema de agua caliente está compuesto por una caldera y un sistema de tuberías que recorren todo el invernadero, ubicadas bajo las bancadas en forma de zigzag. El agua entra al invernadero a una temperatura cercana a los 92°C y sale de éste a 88°C, de modo que al volver a la caldera sólo es necesario agregar una cantidad de agua para volver a entrar a 92°C. En este sistema es importante la velocidad del agua para dar una temperatura pareja a lo largo del invernadero. Está considerado como el mejor sistema de calefacción, porque a pesar de su alto costo de instalación es barato en consumo y entrega un calor "sano" para las plantas. Se puede tener una caldera que calefaccione varios invernaderos.

En los invernaderos del programa existe el primer sistema descrito, en parte porque se cuenta con electricidad trifásica y además por el menor costo inicial de los equipos. El consultor al realizar los cálculos de climatización determinó la necesidad de suplementar la fuente de calor, especialmente en el invernadero caliente, y de implementar un sistema de termostatos y sensores que integren todas las fuentes, sugerencias que fueron realizadas y debidamente implementadas.

Enfriamiento. Para el enfriamiento de los invernaderos existen dos niveles, ventilación y refrigeración. La ventilación consiste en un sistema de abertura automática de ventanas controlada por un termostato. Para tener buenos resultados debe existir un 30 a 40% de ventilación, porcentaje que se determina dividiendo el área que deja la ventana abierta por la superficie del invernadero. Cuando la temperatura alcanza un nivel que no es capaz de controlar el sistema de ventilación es necesario refrigerar.

Existen dos alternativas de refrigeración, el cooling system y el cooler. El cooling system está constituido por un sistema de circulación de agua a través de un panel de viruta ubicado a un costado y a lo largo del invernadero. Además debe haber un extractor de aire que obligue el paso de éste por el panel húmedo, de modo que cuando se enciende el cooling system se debe cerrar el sistema de ventilación.

El cooler consiste en un sistema de inyección de aire húmedo por medio de un ventilador. Acá no es necesario el extractor de aire, pero sí debe haber un lugar de salida del mismo. Se pone un cooler por cabina. Es un sistema de bajo consumo y barato de instalar, pero asimismo de menor eficiencia.

Nuevamente el programa cuenta con el sistema de menor costo, reforzado además con la instalación de un malla rashell elevada lo que permitió bajar la temperatura en 5 °C, sin embargo este sistema será insuficiente, especialmente en los meses de verano, por lo que se instalará un sistema de cooling en el invernadero frío.

II. Establecimiento del banco de razas de virus y viroides que afectan a los cítricos.

La metodología a emplear en la caracterización y determinación de las razas de Tristeza se basa en una primera determinación empleando el test de ELISA con anticuerpos policlonales, los cuales no discriminan razas. Los árboles que dan un resultado positivo, son sometidos a indexaje biológico, lo que permite determinar las diferentes razas existentes. Estas razas detectadas son separadas de otros posibles virus y viroides presentes en el material vegetal, mediante aislamiento por transmisión con áfidos (*Aphis gossypii*), los que son alimentados por espacio de 48 horas en plantas de naranjo dulce, previamente inoculada con una de las razas de tristeza a separar, y luego se les alimenta con plantas sanas de lima mexicana. Todo esto se realiza en cámaras individuales cubiertas con malla antiáfido, eliminándose los pulgones una vez realizada la transmisión. Posteriormente se procede a inocular mediante injerto a plantas indicadoras para discriminar razas capaces de producir seedling yellows y/o stem pitting.

Las razas se seleccionan de acuerdo a su origen geográfico, especie y cultivar de donde se obtuvo, intensidad y tipo de síntomas en plantas indicadoras y en campo. Una vez realizado este proceso se vuelve a someter a ELISA, esta vez con anticuerpos monoclonales, que son capaces de discriminar entre razas severas o moderadas y las débiles. Posteriormente, para la conservación de las razas puras, se inoculan mediante injerto a plantas de naranjo Navel propagada sobre citrange Troyer y se mantienen en macetas en un recinto cubierto con malla antiáfido.

En el caso del complejo de la Psorosis se colecta material con los síntomas característicos de esta enfermedad y son inoculadas sobre plantas indicadoras con el objeto de observar si aparecen síntomas de shock u otros síntomas asociados al complejo. Asimismo, se debe verificar si el material recolectado contiene el virus puro o está asociado con otros virus y viroides haciendo los test de detección correspondientes.

Para coleccionar y obtener plantas puras con el viroide de la Cachexia se recoge material de limonero o mandarina que presente el síntoma de xyloporosis en la madera a nivel de unión con el portainjerto. Este material se inocula mediante injerto en plantas de cidro Arizona 861-S-1 y mandarina Parson's Special ambos sobre portainjerto limón rugoso. A partir del cidro se hace una transmisión mecánica a otros cidros y plantas indicadoras. Al igual que

Por último, para exocortis se colecta material de cítricos que presenta la sintomatología de escamación a nivel de portainjerto trifoliado. Con este material se inoculan plantas de cidro Arizona 861-S-1 sobre portainjerto limón rugoso, cuya reacción frente a la presencia de este viroide es la epinastia severa de las hojas.

En el caso de obtener material de cítricos con los dos tipos de viroides, la única posibilidad de separar éstos es mediante la técnica de electroforesis e inocular en plantas sanas la banda correspondiente a cada viroide.

Toda esta información fue puesta en práctica colectándose material en terreno con posibles razas de viroides de la Cachexia y Exocortis, y además fue empleada como metodología del proyecto "Establecimiento de un programa de saneamiento de cítricos y formación de un banco de razas de virus y viroides", enviado a Fondecyt en Junio de este año.

III. Apoyo al establecimiento de un reglamento técnico de control y certificación de material vegetal de *Citrus*.

De acuerdo a lo programado por el Servicio Agrícola y Ganadero en conjunto con nuestra Facultad, el profesor Ballester-Olmos asesoró al Departamento de semillas del SAG, durante los días 30 y 31 de mayo de 1996.

Asistieron a la reunión:

ROSA MESSINA CRUZ, Directora del Departamento de Semillas
GUILLERMO APARICIO MUNOZ, Jefe Subdepto. de Certificación
GLORIA FERNANDEZ BEHNCKE, Ing. Agr. Departamento de Semillas
MARCO MUÑOZ FUENZALIDA, Ing. Agr. Departamento Protección Agrícola
CARLOS NAREA CAZENAVE, Ing. Agr. Departamento de Semillas

El objetivo de esta reunión era conocer el programa de certificación de cítricos de España, en el cual el profesor Ballester-Olmos ha participado desde sus inicios, y analizar las Normas Específicas para cítricos que están vigentes en Chile desde el año 1984.

Desarrollo del programa

Día 30 de mayo 1996.

La señora Rosa Messina hizo una reseña de las funciones del Departamento de Semillas y del estado actual de la certificación de frutales en Chile. A su vez, el profesor Ballester-Olmos relató la historia de la certificación en España para posteriormente abocarse a la explicación del proceso de certificación de cítricos, llevado por el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias bajo la supervisión y normas del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero Español.

Los temas expuestos fueron los siguientes:

1. Programa de saneamiento

- Selección de árboles de nuevas variedades locales
- Estudio sanitario de estas variedades
- Microinjerto
- Indexing
- Obtención de plantas libres de virus
- Formación de un banco de germoplasma

2. Programa de certificación

- Control sanitario
- Control del material
- Control agronómico
- Obtención de plantas certificadas

Día 31 de mayo

Se discutieron algunos aspectos relacionados con el proceso de certificación tales como: listado nacional de variedades, etapas de la certificación, rotaciones, etiquetado e infraestructura.

Finalmente, se analizaron detalladamente las normas generales de certificación de frutales chilenas y las normas específicas de certificación de cítricos actualmente en revisión.

IV. Puesta a punto de técnicas de diagnóstico.

Visualización y detección de síntomas sobre plantas indicadoras.

Para llevar a cabo el indexaje biológico es importante contar con una serie de elementos y consideraciones. En primer lugar, es importante mantener un registro de cada experimento que se lleve a cabo. Para esto se elabora una ficha que indica el número de experimento, la fecha, el objetivo, la procedencia y localización del inóculo, las plantas indicadoras utilizadas y el tipo y número de inóculos. Además, a medida que avanza el experimento se van registrando los prendimientos de los injertos, así como cualquier comentario que pudiera ser importante. También se debe contar con una ficha para anotar los resultados de las observaciones que se hacen periódicamente.

Otro elemento importante es contar con una mesa tipo carro, cuyo objetivo es la observación individual de la planta indicadora.

Con respecto a las observaciones, éstas se hacen sobre brotes jóvenes hasta tamaño de un tercio del final, cerca de las 11:00 de la mañana, poniendo la planta sobre la mesa y observándola a contraluz, anotando la posible sintomatología, indicando la severidad con un signo "+" de color rojo.

IV.i Procedimiento de indexaje para Tristeza y Vein Enation

Planta indicadora utilizada. Plantas de semilla de lima mexicana

Número de plantas por test : cuatro, dos plantas por maceta de 17 cm

Inoculación : injertar dos trozos de corteza de la muestra problema por planta de lima mexicana

Tratamiento de la planta indicadora : Al inocular se poda a 2-3 yemas sobre los injertos. Al mes y medio se deja un sólo brote, a los tres meses se rebaja ese brote, a los cuatro meses y medio se vuelve a dejar un sólo brote.

Temperatura de crecimiento : 18-26°C

Número de observaciones : cada mes y medio se hacen una a dos observaciones.

Síntomas de tristeza : Epinastia en hojas de 3-5 mm
 Aclareamiento nerval
 Acucharamiento foliar
 Reducción del tamaño foliar
 Clorosis
 Acorchamiento nerval
 Acanaladuras en la madera

Síntomas de vein enation : Pequeños abultamientos en el envés, sobre las
 nervaduras.
 Acucharamiento foliar
 Posteriores tumores en el tronco

IV.ii Procedimiento de indexaje para psorosis

Planta indicadora utilizada : plantas de semilla de naranjo Madame Vinous o
 Pineapple

Número de plantas por test : cuatro, dos plantas por maceta de 17 cm

Inoculación : injertar dos trozos de corteza de la muestra problema por planta de naranjo

Tratamiento de la planta indicadora : Al inocular se poda a 2-3 yemas sobre los injertos y se
 dejan crecer todos los brotes.

Temperatura de crecimiento : 18-26°C

Número de observaciones : cada mes y medio se hacen una a dos observaciones.

Síntomas de Psorosis : Shock de la primera brotación
 Manchado
 Mosaico
 Aclareamiento nerval
 "Flecking"
 Moteado

Diagnóstico diferencial de Psorosis: Para determinar con exactitud si la sintomatología en
 hojas de la planta indicadora corresponden a psorosis o al complejo concave gum, se realiza
 un procedimiento adicional que consiste en inocular dos plantas de naranjo Pineapple con la
 muestra dudosa y con un trozo de corteza infectado con psorosis B, e inocular dos plantas
 de Dweet Tangor con la misma muestra y con un trozo infectado con una raza severa de
 concave gum. Luego de cuatro meses se pueden tener los siguientes resultados, en base a
 reacciones de protección cruzada, que el naranjo Pineapple dé negativo para psorosis B y
 Dweet Tangor dé positivo para concave gum, lo que indicaría que la muestra inicial poseía
 psorosis A. Si el naranjo Pineapple da positivo para psorosis B y Dweet tangor da negativo
 para concave gum, indicaría que la muestra inicial contenía concave gum, finalmente si
 naranjo Pineapple es negativo para psorosis B y Dweet Tangor es negativo para concave
 gum, indicaría que la muestra inicial contenía psorosis A y concave gum

IV.iii Procedimiento de indexaje para exocortis

Planta indicadora utilizada : Cidro Arizona 861-S-1 sobre portainjerto limón rugoso

Número de plantas por test: cuatro, en macetas individuales de 15 cm

Inoculación : injertar dos trozos de corteza de la muestra problema por planta, en el portainjerto

Tratamiento de la planta indicadora : Es posible inocular y al mismo tiempo injertar la yema de cidro. Se dobla el portainjerto para forzar la brotación de la yema. Se deja crecer un solo brote y a los 3 meses se puede extraer tejido para electroforesis, sino dejar crecer la planta por ocho meses para ver síntomas.

Temperatura de crecimiento : 28-32°C

Número de observaciones : periódicamente a partir de los cuatro meses.

Síntomas de Exocortis: Epinastia grave
Epinastia angular
Anillado del pecíolo
Necrosis apical
Resquebrajaduras en el tronco

IV.iv Procedimiento de indexaje para cachexia

Planta indicadora utilizada : Mandarinero Parson's Special sobre portainjerto limón rugoso

Número de plantas por test: cuatro, en macetas individuales de 15 cm

Inoculación : injertar dos trozos de corteza de la muestra problema por planta

Tratamiento de la planta indicadora : Se hace la inoculación y al mismo tiempo se injerta el mandarino, doblando el portainjerto. Se deja crecer un solo brote por un año. Luego de este tiempo se poda y se descortiza la unión del injerto con el portainjerto.

Temperatura de crecimiento : 28-32°C

Número de observaciones : Al final del año observar la zona de unión del injerto con el portainjerto bajo la corteza

Síntomas de Cachexia: Goma en la zona de unión del mandarino con el limón rugoso y en otros puntos del mandarino, bajo la corteza se observa xiloporosis en el xilema.

V. Puesta a punto para la fertirrigación de plantas de cítricos en macetas

El objetivo tanto del sustrato como de la fertilización es la mantención de las plantas con un estado nutritivo óptimo para una clara visualización de los síntomas causados por todas las razas de virus y viroides, especialmente las más débiles, y permitir que éstas se desarrollen en el período más corto posible. Se busca tener plantas de buena calidad, con crecimiento constante y sin síntomas de carencias que pudieran confundirse o enmascarar algún síntoma.

El sustrato ideal debe ser muy estable en el tiempo, homogéneo, de pH ligeramente ácido.

Después de muchos estudios se ha llegado a determinar que el mejor sustrato para los cítricos en maceta es la mezcla de turba con arena silícea. A esta mezcla se le agrega un stock de fertilizantes de fondo que aporta macro y micronutrientes como nitrógeno, fósforo, cobre, zinc, manganeso, fierro, magnesio, boro y molibdeno. Esta fertilización de fondo se mezcla con la arena y la turba en una betonera y luego se esteriliza con vapor por una hora a 100°C.

En cuanto a la fertirrigación, ésta se realiza una vez por semana, aplicando dos soluciones madre, una a base de fosfato monoamónico y otra que aporta nitratos y microelementos. Para fertirrigar se utiliza un dosificador hidráulico de doble entrada y con capacidad proporcionadora de 1:100 (1 litro de solución madre por cada 100 litros de agua).

Todas estas recomendaciones fueron consideradas realizándose las correcciones correspondientes.

VI. Observaciones al banco de germoplasma de cítricos de la Facultad de Agronomía, UCV.

Se realizó una visita al banco de germoplasma de la Facultad, ubicado en la Estación Experimental La Palma, con el fin de observar las diferentes especies y variedades presentes, haciéndose énfasis en los árboles más antiguos, con el objeto de verificar la sanidad del material y organizar un muestreo para el diagnóstico biológico y de laboratorio. Este banco de germoplasma está al aire libre por lo que no es factible obtener material certificado en forma directa para la obtención de variedades, pero si es factible indexar las plantas de variedades de portainjertos, y que se constituyan en fuente de semilla para portainjertos de plantas certificadas. Por otro lado, el actual banco de germoplasma con las variedades de cítricos de reciente introducción, cuenta con las medidas de protección necesario, es decir, malla antiáfido y doble puerta para ingresar a este recinto.

VII y VIII. Estudio del estado sanitario del arbolado de cítricos de las plantaciones. Prospección de diagnóstico virológico y viroidológico. Prospección a la zona centro-sur del país para observar plantaciones de cítricos.

Con el fin de hacer un diagnóstico de las enfermedades virales que pudieran estar presentes en Chile, y al mismo tiempo recolectar material para el establecimiento a futuro de un banco de razas, se realizó una prospección por la provincia de Quillota y por la zona centro-sur del país.

En la provincia de Quillota se visitaron tres huertos (dos en Limache y uno en San Pedro), donde se pudo observar árboles de limonero sobre portainjerto *C. macrophylla* que mostraban una sintomatología que se asocia a una enfermedad de tipo viral. De estos árboles se recolectaron varetas para realizar test biológicos, para multiplicar la yema para un posterior análisis, y para test de laboratorio, todo esto con el fin de verificar la presencia de uno o más agentes patógenos.

También se recolectó material de árboles de naranjo provenientes de plantaciones antiguas, el cual también se sometió a los análisis antes descritos.

En la prospección a la zona centro-sur, se visitaron huertos en Isla de Maipo, Mallarauco y Melipilla, donde también se encontraron árboles de limonero sobre portainjerto de *C. macrophylla* muy afectados, los cuales fueron muestreados. En un predio de Melipilla se colectó material correspondiente a una variedad de mandarina que mostraba cierto decaimiento.

En ambas prospecciones se tomaron fotografías de la sintomatología que mostraban los árboles.

Todo este material recolectado fue identificado y sometido a diagnóstico biológico con la metodología descrita en el capítulo IV.

CONSIDERACIONES FINALES

La consultoría efectuada por el asesor José Francisco Ballester-Olmos, profesor de la Universidad Politécnica de Valencia e Investigador del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias de España, fue un gran aporte tanto para el programa de Certificación de Plantas de Cítricos perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, como para el Departamento de Semillas del Servicio Agrícola y Ganadero.

En esta primera etapa de la consultoría, se obtuvieron una serie de logros, especialmente en lo que concierne a la climatización de invernaderos, fertirrigación y sustratos para el adecuado crecimiento de plantas indicadoras y metodología para el adecuado indexing biológico de virus y viroides que afectan a los cítricos. Además, se inició el estudio sistemático del estado fitosanitario de carácter viral de plantaciones de cítricos existentes en diferentes zonas de nuestro país y apoyo técnico para la elaboración de un banco de diferentes razas de virus y viroides; cooperación para la modificación de la reglamentación técnica vigente para el control y certificación de material vegetal de *Citrus*.

En la segunda venida del profesor Ballester-Olmos, se espera concretar el resto de los objetivos planteados, como es la prospección a la zona Centro-Norte de nuestro país, el contacto con el sector privado y supervisar el indexing biológico actualmente en marcha.

**FORMULARIO B-II
INFORME TECNICO FINAL
SUBPROGRAMA CONTRATACION CONSULTORES CALIFICADOS**

1. IDENTIFICACION DE LA PROPUESTA
--

1.1 Título de la propuesta.

Consultoría para el establecimiento de un programa de saneamiento de variedades, banco de germoplasma y apoyo al programa de certificación de cítricos.

1.2 Especialidad.

Sanidad vegetal y citricultura.

1.3 Nombre consultor.

José Francisco Ballester-Olmos y Anguis.

1.4 Patrocinante.

Universidad Católica de Valparaíso.
Servicio Agrícola y Ganadero.

1.5 Contraparte nacional.

Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

1.6 Grupo que presentó la propuesta.

Ximena Besoain Canales.
Mónica Castro Valdebenito.
Eugenio López Laport.
Ricardo Cautín Morales.

2. ASPECTOS TECNICOS

2.1 Itinerario desarrollado por el consultor.

FECHA	LUGAR	ACTIVIDAD
27-28/5	Facultad de Agronomía, U.C.V.	Diseño de instalaciones para la unidad de diagnóstico. Cálculo de los sistemas de control climático.
29/5	Facultad de Agronomía, U.C.V.	Diseño de un banco de razas de virus y viroides.
30-31/5	Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago.	Apoyo al establecimiento de una reglamentación técnica de control y certificación de material vegetal de citrus.
3/6	Estación Experimental La Palma U.C.V.	Observaciones al banco de germoplasma de cítricos de la Facultad de Agronomía, U.C.V.
4/6	Predios de la provincia de Quillota.	Estudio del estado sanitario del arbolado de cítricos de las plantaciones. Prospección de diagnóstico virológico y viroidológico.
5/6	Facultad de Agronomía, U.C.V.	Puesta a punto de técnicas de diagnóstico. Visualización y detección de síntomas sobre plantas indicadoras.
6/6	Predios Región Metropolitana.	Prospección a la zona centro sur del país para observar plantaciones de cítricos.
7/6	Facultad de Agronomía, U.C.V.	Puesta a punto para la fertirrigación de plantas de cítricos en macetas.

2.2 Cumplimiento del o los objetivos propuestos.

(Tecnología capturada, capacidades adquiridas, productos, etc.)

Objetivo	Logros y actividades pendientes
* Estudio del estado sanitario de las plantaciones de cítricos y prospección de diagnóstico virológico y viroidológico.	Se comenzó este estudio en la zona centro sur, falta prospección zona norte.
* Mejoras al diseño de las instalaciones para la unidad de diagnóstico biológico de virus y viroides.	Gracias a la asesoría del experto se logró mejorar sustancialmente los sistemas de climatización.
* Apoyo técnico a la multiplicación de cítricos y la inoculación de virosis.	Objetivo logrado al 100%.
* Puesta a punto de las técnicas de diagnóstico, visualización y detección de síntomas sobre plantas indicadoras.	Se logró poner a punto las técnicas, quedando pendiente la visualización de síntomas.
* Puesta a punto de las técnicas de producción de plantas indicadoras.	Se recomendaron las mejores plantas indicadoras para cada virosis y se mejoró el sustrato y la fertirrigación.
* Diseño de un banco de razas de virus y viroides.	Se hizo el diseño y se comenzó a recolectar material para formar el banco.
* Comentario sobre las técnicas de cultivo <u>in vitro</u> aplicadas en la obtención de material sano.	Se verificó la metodología como adecuada.
* Indexaje de virosis de las plantas obtenidas <u>in vitro</u> .	Se realizó el indexaje y se encuentra en evaluación.
* Cooperación para el establecimiento de una reglamentación técnica de control y certificación de material vegetal de citrus.	El profesor Ballester Olmos, visitó el SAG con el fin de orientar y contar su experiencia acerca de los programas de certificación en España.
* Cooperación para la organización del sector implicado en la certificación, gubernamental, privado e instituciones de investigación.	Objetivo pendiente.

2.3 Evaluación del consultor por la Contraparte Nacional.

En relación a la visita del profesor José Francisco Ballester - Olmos, se puede señalar fehacientemente que se cumplieron con creces las expectativas respecto del aporte que este experto realizó para el perfeccionamiento de este programa.

El profesor Ballester - Olmos señaló las correcciones necesarias para llevar a cabo en forma óptima el indexaje biológico de virus y viroides, especialmente en lo que concierne a climatización, fertirrigación y metodología de inoculación, indispensables para la detección de estos patógenos. Además, contribuyó a precisar la actual problemática existente en diferentes predios con limoneros, detallando la clara sintomatología y su relación con el viroide de la xyloporosis.

Por otro lado, se recolectó material con posibles razas de viroide de exocortis y complejo viral de psoriasis.

Este investigador contribuyó en forma relevante a la elaboración de un proyecto Fondecyt, "Establecimiento de un programa de saneamiento de cítricos y formación de un banco de razas de virus y viroides", proyecto que de ser aprobado permitirá la limpieza de variedades de cítricos adaptadas a condiciones agroclimáticas de nuestro país y permitir precisar cuáles son los diferentes virus y viroides presentes en Chile y sus posibles razas.

Finalmente, además del cumplimiento de gran parte de los objetivos inicialmente propuestos, es importante señalar los lazos institucionales que se crearon con la visita del profesor Ballester - Olmos, específicamente entre la Facultad de Agronomía, U.C.V.; Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura de Chile y el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.

2.4 Aplicabilidad en Chile.

(Región o zona, campo de aplicación, beneficio esperado, requerimiento para su aplicación).

Los beneficios esperados a partir de esta consultoría es dar impulso al Programa de Certificación de Cítricos, el que tiene como propósito final la transferencia a la industria citrícola de material sano, libre de virus y viroides, de plagas y otras enfermedades que afectan a estas especies frutales, obteniéndose un doble impacto, es decir, un aumento de la superficie cultivada y un aumento de los rendimientos y calidad de la fruta así obtenida.

3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

3.1 Organización antes de la visita del consultor.

a. Contacto inicial con consultor realizado por:

_____ + _____	patrocinante	_____	investigador / profesional
_____	FIA	_____	otro: _____

b. Apoyo de Institución patrocinante:

_____ + _____	bueno	_____	regular	_____	malo
---------------	-------	-------	---------	-------	------

3.2 Organización durante la visita.

_____ + _____	bueno	_____	regular	_____	mala
---------------	-------	-------	---------	-------	------

ANEXO 2 Indexing de virosis de cítricos en invernadero

INDEXING DE VIROSIS DE CITRICOS EN INVERNADERO

José Francisco Ballester-Olmos

Resumen histórico

- WALLACE, 1933. Primera transmisión de un virus de cítricos por injerto.
- FAWCETT Y COCHRAN, 1942. Inducen síntomas de Psoriasis en campo por inoculación.
- WALLACE, 1945. Fija el concepto actual de indexing.
La ausencia de síntomas en campo no implica sanidad.
- CHILDS, 1951. Puesta a punto de métodos de indexing para Cachexia-Xyloporosis.
- WALLACE, 1951. Transmite CTV por injerto
- WALLACE Y DRAKE, 1955. Puesta a punto de método de indexing para Vein enation.
- WEATHERS, 1957. Puesta a punto de método de indexing para Yellow Vein.
- WALLACE, 1959. Usa lima mexicana (*Citrus aurantifolia*) como indicador de CTV.
- SALIBE, 1961. Puesta a punto de método de indexing para Exocortis.
- WALLACE Y DRAKE, 1962. Puesta a punto de método de indexing para Tatter leaf.
- CALAVAN et al, 1964. Mejora de la técnica de indexing para Exocortis.
- CALAVAN Y CHRISTIANSEN, 1965. Puesta a punto de método de indexing para Stubborn.
- VOGEL y BOVE, 1968. Puesta a punto del método de diagnóstico para Cristacortis.

DISEÑO DE UNA UNIDAD DE DIAGNOSTICO BIOLOGICO DE VIROSIS

1. Invernadero de cultivo de plantas indicadoras.
2. Invernadero para diagnóstico de Tristeza, Psoriasis, etc. (18-26°C)
3. Invernadero para diagnóstico de viroides y micoplasmas (28-32°C)
4. Invernadero para aclimatación de plantas procedentes de tubo de ensayo.
5. Recinto de malla para colección de virus y razas.
6. Recinto de malla para banco de germoplasma.
7. Zona de desinfección y propagación de substrato.
8. Almacén y obrador, lavadero de macetas.
9. Laboratorio de muestras.

SINTOMATOLOGIAS

1) TRISTEZA (en lima mexicana):

Epinastia en hojas de 3-5 mm
Aclaramiento nervial
Acucharamiento foliar
Reducción de tamaño foliar
Clorosis
Acorchamiento nervial
Acanaladuras en la madera

2) Seedling yellows:

En Limón Eureka o en Pomelo Duncan:

Clorosis
Enanismo
Probables acanaladuras en madera de Pomelo.

En lima mexicana:

Acorchamiento nervial
Hoja pequeña, abarquillada, clorótica y con denso aclaramiento nervial

En naranjo dulce:

Posibles acanaladuras en la madera

3) Vein enation

En lima mexicana:

Pequeños abultamientos en el envés,
sobre los nervios.
Acucharamiento foliar
Posteriores tumores en tronco

En citrus volkameriana:

Tumores en tronco y ramas

4) Psoriasis A

En naranjo dulce o Tangor Dweet:

Shock de la primera brotación
Manchado
Mosaico
Aclaramiento nervial
"Flecking"
Moteado

5) Concave Gum, Impietratura, Cristacortis

En naranjo dulce o Tangor Dweet:

Mosaico
Aclaramiento nervial
Flecking
Hoja de roble

6) Psoriasis B

En naranjo dulce: pústulas en tronco y ramas

7) Exocortis

En Cidro Etrog-Arizona 861-S-1:

Epinastia grave (CEV)
Epinastia angular (I)
Anillado de peciolo (III)
Necrosis apical (II-A)
Resquebrajaduras en tronco (CEV)

8) Xyloporosis

En Parson's Special sobre limón rugoso:

Goma en zona de unión del mandarino con el limón y en otros puntos del mandarino (bajo la corteza)

9) Stubborn

En Naranja dulce de las variedades Madam Vinous o Hamlin:

Hoja de pequeño tamaño
Manchado amarillento
Verde desvaido
Carencia de Zn
Manchas verdes sobre pardo amarillo
"Pinching"

INVERNADEROS PARA UNA UNIDAD DE DIAGNOSTICO BIOLOGICO

Efecto invernadero: el cristal es transparente a longitudes de onda relativamente cortas (0'312-4'75 micrones) y opaco a las radiaciones térmicas de longitud de onda larga (5-40 micrones).

Estructuras y formas de invernadero: Cubierta a dos aguas o cubierta circular (más rendimiento luminico). Estructura galvanizada. Pórticos atirantados.

Materiales de cubierta: Poliéster, PVC, Policarbonatos, cristal armado.

Control de temperaturas: Supresión de síntomas de Tristeza y Psoriasis a altas temperaturas. Disminución de síntomas de Exocortis, Xyloporosis y Stubborn a bajas temperaturas.

Ventilación: Más de 24% en cubierta y más del 6 % en laterales. Por encima del 45% de ventilación la lateral no tiene interés. No construir unidades de invernaderos mayores de 2.500-3.000 m² ni con anchura mayor de 40 m para evitar problemas de ventilación.

Ventilación dinámica: 3-6°C menos que con ventilación estática.

Sistema de refrigeración evaporativa: paso del agua presente en el aire de un invernadero a vapor (1 Kg de agua consume 600 Kcal al evaporarse) (Diagrama de Mollier). Se produce una reducción de temperaturas por aumento de las pérdidas de calor latente en el invernadero.

Regar pasillos

Aspersores bajo las bancadas

Fog system: boquillas niebla 4 l/hora

Cooling system: 60 renovaciones por hora. Ventiladores de gran diámetro a 400-500 rpm, con baja presión de trabajo (5-7 mm c.a.). La capacidad refrigeradora está en función de la Hr ambiente exterior al invernadero.

Coolers: Inyección de aire húmedo en el invernadero

Sombreado: Malla interior, Nixol y otros productos. Mezcla de 25 Kg blanco de España, 2,5 Kg cola de pescado y 100 l agua.

Calefacción: Ajustar la temperatura mínima a 18°C para cultivo en invernadero de diagnóstico de tristeza y otras virosis de exigencias térmicas similares para puesta de manifiesto de su sintomatología, 28°C para invernadero de siembra (28-32°C) y para el diagnóstico de viroides y stubborn.

Sistemas de calefacción a emplear

- a) Generadores de aire caliente: Gradiente vertical. Tubos de impulsión. Gran relación consumo/eficiencia.
- b) Agua caliente. Tubería radiante. Con ventiladores, menor gradiente vertical.
- c) Aerotermos: sistema mixto. Gran caudal y poca velocidad.
- d) Vapor de agua. Ventajoso en instalaciones grandes.

Iluminación artificial

- Responden a la inducción fotoperiódica (16 horas a 18-28°C), en mayor crecimiento: Poncirus trifoliata, Citrange Carrizo, Citrange Savage, Citrumelo Sacaton, N. dulce Hawaian, Limón rugoso Milam.
- Experiencia de Ballester-Olmos y Pina: los citranges Troyer y Carrizo solo son influenciados por el fotoperiodo en invernadero a 28-32°C. En el naranjo dulce "Pineapple" y el mandarino Cleopatra la influencia es ligera; solo en invernadero a 28-32°C. No se vió influencia fotoperiódica en el crecimiento de la lima mexicana. Posibilidad de sustituir invernadero caliente por invernadero a 18-25°C con luz fotoperiódica.
- Iluminación fotosintética con lámparas de alta presión de mercurio.

Bancadas: 1'25 m de anchura y 0,70 m de alta. Galvanizadas y con placa de fibrocemento de 1 cm. de espesor.

SUBSTRATO Y FERTILIZACION

- a) Nutrición de las plantas para la detección de razas débiles en el periodo más corto posible. Plantas de calidad óptima, con crecimiento constante y sin síntomas de carencia.

Confusiones: carencia de Zn y Stubborn, carencias de Fe, Mn, Mg, Zn enmascara Tristeza, Psoriasis y Seedling Yellows, Carencia de B y S. Yellows.

- b) Substrato: Nauer et al., 1967. U.C. Mix
Ballester-Olmos y Pina: ver separata
Posibilidad de turbas españolas no salinas como alternativa a la turba de sphagnum extranjera.
Posibilidad de materiales sustitutivos de la turba.

Fertilización: De fondo y fertirrigación (ver separata)
Apoyo con pulverizaciones.
Empleo de dosificador de abono.
Recomendable los de dosificación proporcional.

RIEGO

Dos o tres veces por semana según estación. (Una fertirrigación semanal en invernadero frío y dos en el caliente). Recomendable el uso de riego localizado por microaspersión con gran caudal. (Ver separata).

PLAGAS Y ENFERMEDADES

- a) Medidas anti-Phytophthora: Esterilización suelo (1 hora a 100°C), desinfección semilla, desinfección macetas, desinfección invernadero, no colocar sobre el suelo tutores, macetas ni mangueras. No entrar con suelo del campo. Lavado material de injerto.
- b) Malla antipulgón y doble puerta.
- c) Terapéutica: Cacoecia: Triclorfón.
Acaros: Oxido de Fenbutestaño o Bromopropilato.
Afidos: Quinalfos, Diazinón, Acefato (cuidado en naranjo dulce), Metamidofos (cuidado en C. Troyer).
Fumigaciones periódicas con Sultotepp.

SEMILLEROS

- Arboles madre de semillas: indexeados.
- Desinfección de semilla con agua a 32°C durante 10 minutos
- Tratamiento con Captan
- Substrato: el recomendado para maceta (turba + arena)
- Invernadero: 28-32°C
- Calor en substrato: 26-32°C (110 w/m²)
- Bandejas: 14-15 cm de profundidad
- Densidad: 625 semillas/m².
- Riego: humedad constante.

SUBSTRATO Y FERTILIZACION PARA PLANTAS DE AGRIOS EN SEMILLERO Y MACETA EN INVERNADERO.

José F. Ballester-Olmos y J.A. Pina. 1986.

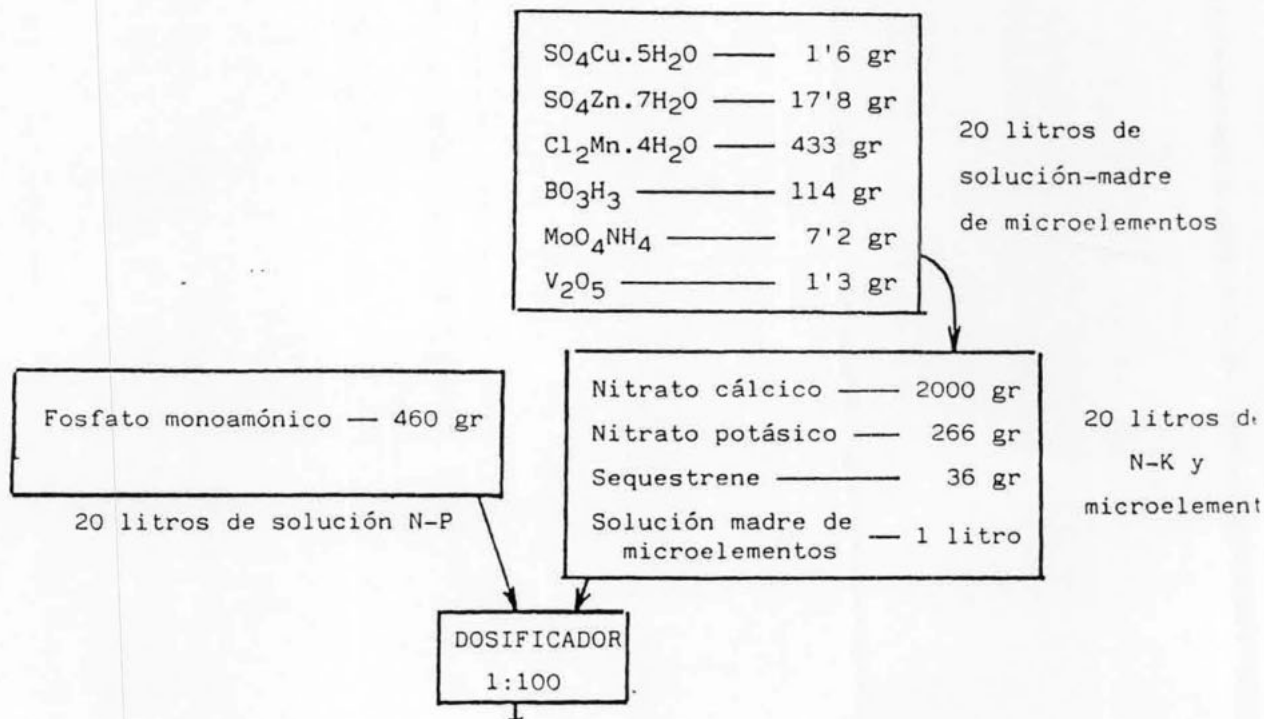
SUBSTRATO: 1 bala de turba de Sphagnum (320 l)
180 litros de arena silíceas procedente del lavado del caolín.

FERTILIZACION DE FONDO: (Para 500 litros de sustrato)

Superfosfato de cal simple: 0'75 kg
Carbonato cálcico: 1'5 kg
Dolomita: 1'1 kg
Sulfato de cobre: 42 gr
Sulfato de zinc: 14 gr
Sulfato de manganeso: 14 gr
Sulfato de hierro: 24 gr
Acido bórico: 0'4 gr
Molibdato amónico: 0'2 gr

FERTIRRIGACION: Semanal

Se utiliza un dosificador hidráulico de abono de doble entrada y con capacidad proporcionadora 1:100 (1 litro de solución madre por cada 100 litros de agua).



TRATAMIENTOS COMPLEMENTARIOS POR VIA FOLIAR

Nutriargos Magnesio (4% p/p Mg, 5% p/p N (nitrato))

Cada 15 días en primavera-otoño.

Cada 30 días en invierno.

Nutriargos (28% Zn, 17% Mn)

Cada 30 días durante todo el año.

INDEXING – C.V.I.P.S.

N.º EXP. _____

Fecha _____

Página _____

OBJETIVO: _____

PROCEDENCIA INOCULOS Y LOCALIZACION _____

OBSERVACIONES: _____

EXPERIMENTO

N.º	INDICADOR	INOCULO	PRENDIMIENTO	COMENTARIOS

SIP. No.

Fecha

OBSERVACIONES

[illegible]

INTERNATIONAL COURSE OF INTENSIVE HORTICULTURE VEGETABLES
AND ORNAMENTALS IN ARID CLIMATES

GREENHOUSES
STRUCTURES AND ENVIRONMENT CONTROL

JOSE FRANCISCO BALLESTER OLMOS
I.V.I.A.
MONCADA (VALENCIA)
SPAIN

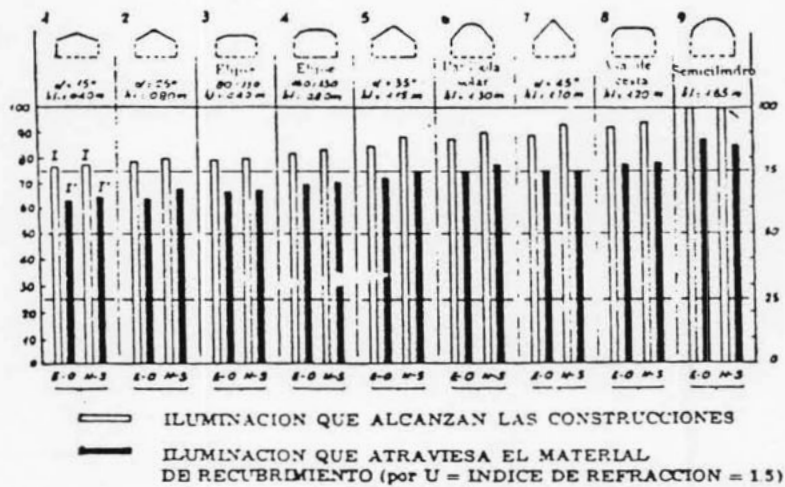
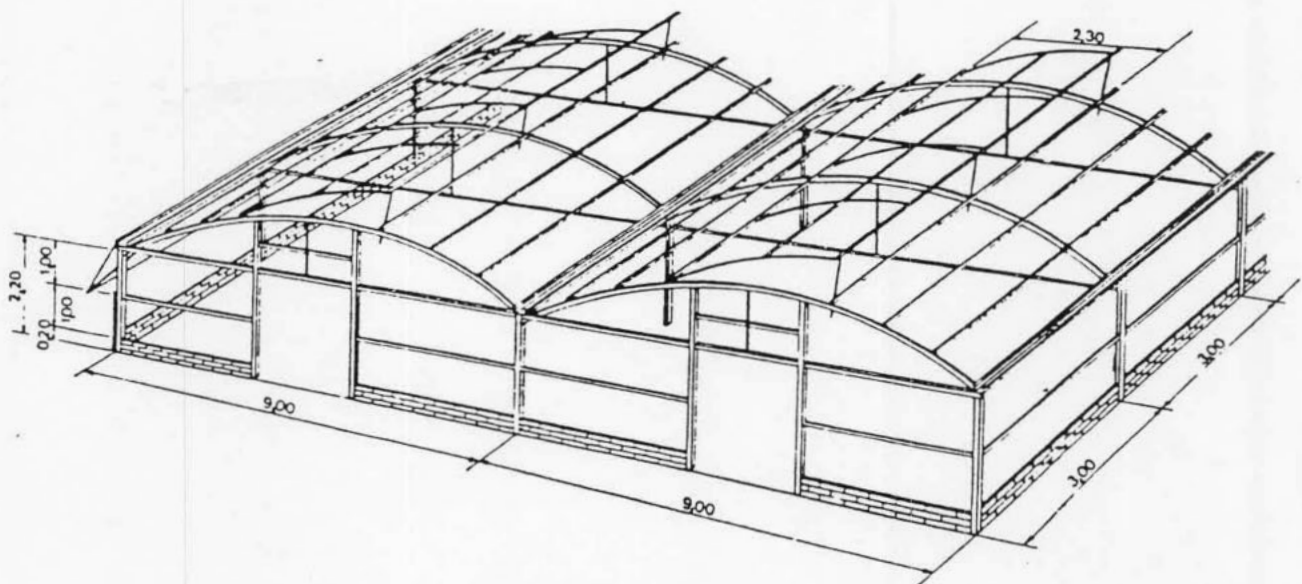
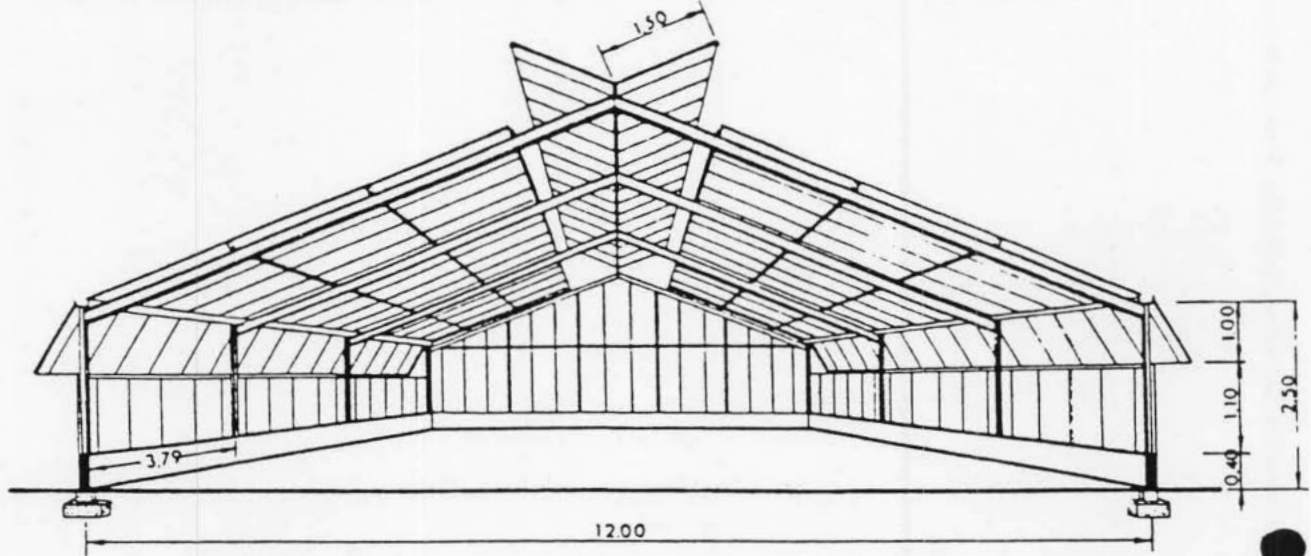


Fig. 31.—Cantidad de luz recibida por un invernadero en relación con la orientación y el tipo de tejado.

BALANCE OF ENERGY - 1

$$(I_e - I_s) S + K S_v (T_i - T_e) + Q (C_e - C_s) + Q' S = 0$$

1) $(I_e - I_s) S$

NET RADIATION

I_e : Radiation entering

I_s : Radiation going out

S : Covered surface

BALANCE OF ENERGY-2

$$(I_e - I_s) S + K S_v (T_i - T_e) + Q (C_e - C_s) + Q' S = 0$$

2) $K S_v (T_i - T_e)$

ENERGY EXCHANGES THROUGH THE WALLS AND ROOF BY
CONDUCTION-CONVECTION

T_i : Temperature inside

T_e : Temperature outside

S_v : Surface of walls and roof

K : Coefficient of heat loss through the walls and roof

a) Case of a hermetical greenhouse

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{\alpha_i} + \frac{e}{\lambda}}$$

α_e : Coefficient of external convection

$$e = 5 + 3.5 v \quad (v: \text{wind speed in meters/sec.})$$

α_i : Coefficient of internal convection

$$i = 3 - 6 \text{ Kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

e : thickness of the wall (meters)

λ : Coefficient of thermic conductivity of the walls

Usually $2 \text{ Kcal/h m } ^\circ\text{C}$

Since e has a very small value, $\frac{e}{\lambda} \simeq 0$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{\alpha_i \alpha_e}{\alpha_i + \alpha_e}$$

$$K = \text{Kcal/h. m. } ^\circ\text{C}$$

BALANCE OF ENERGY-3

$$(I_e - I_s) S + K S_v (T_i - T_e) + Q (C_e - C_s) + Q' S = 0$$

b) Case of a greenhouse with double wall

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{h_p}}$$

h_p : Coefficient of convection between the two walls. Usually $h_p = 1 \text{ Kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

c) Case of a non-hermetical greenhouse

$$K_r = K \pm R \frac{V}{S} \frac{\Delta i}{\Delta T}$$

R: Number of air exchanges per hour

V: Volume of the greenhouse

S: Surface of walls and roof (sq. meters)

ΔT : difference between outside and inside temperatures

Δi : Entalpie variation between the outside air and the inside air.

$$\frac{\Delta i}{\Delta T} \simeq 0.3-1 \text{ Kcal/m}^3$$

BALANCE OF ENERGY-4

$$(I_e - I_s) S + K S_v (T_i - T_e) + Q (C_e - C_s) + Q' S = 0$$

3) $Q (C_e - C_s)$

AMOUNT OF HEAT ASSOCIATED TO THE EXCHANGE OF AIR

Q = Volume of air exchanged

C_e : Heat entering

C_s : Heat going out with the volume of air

$C_e - C_s$: Variation of the enthalpie

4) $Q' S$

HEAT FLOW THROUGH THE FLOOR

Q' : Heat flow per unit of floor surface

S : Greenhouse surface

HEAT LOSSES CALCULATION-1

1) SOLAR IRRADIATION (SI)

Solar radiant energy is:

$$SI = 800 \text{ Kcal/h m}^2 \text{ in June}$$

$$SI = 50-100 \text{ Kcal/h m}^2 \text{ in December}$$

2) LOSSES BY FLOOR AND PLANTS RADIATION

$$Q_2 = 4.4 \times 10^{-8} \times S \times P (T_i^4 - T_e^4)$$

S: Floor surface (m^2)

P = Coefficient of Transmission of the covering material

Glass..... 0.04

PE 0.18

PE double... 0.64

PVC 0.3

T_i and T_e : Absolute temperatures inside and outside
($t + 273$)

HEAT LOSSES CALCULATION - 2

3 - LOSSES BY CONVECTION - CONDUCTION

$$Q_3 = K S (t_i - t_e) \left(1 + \frac{x}{100}\right)$$

To be calculated for every wall

S: Surface of wall or roof (m^2)

t_e : minimal temperature outdoor. Average of absolute
minimals in 10 years rounding down to a multiple
of five (DIN 4701)

t_i = indoor temperature desired

x = correction coefficient. Function of the orientation

N, NE, NW and W 10

S, E, SW and SE 5

K = Coefficient of conduction - convection

Approximately $K = 6 \text{ Kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

COEFICIENTE DE TRASMISION PARA DISTINTOS MATERIALES DE COBERTURA (POPULER-
DEHOY, 1964) DEPENDIENTE DE LA VELOCIDAD DEL AIRE. V en km/hora

Pared simple de vidrio	$K = 4'15 + 0'256.V$	Kcal/m ² /h/°C
Doble pared de vidrio	$K = 3'20 + 0'119.V$	"
Vidrio + film	$K = 3'06 + 0'076.V$	"
Pared simple de PVC (plana)	$K = 3'85 + 0'169.V$	"
Pared simple de PVC (ondulada) ..	$K = 4'74 + 0'309.V$	"

COEFICIENTES DE TRASMISION (OTROS AUTORES)

COBERTURAS:

Vidrio	$K = 5'4$
Vidrio doble	$K = 3'4$
Vidrio triple	$K = 2'5$
Film polietileno	$K = 5'4$
Doble film	$K = 0'5$
Placa poliester	$K = 4'8$

MURETES:

Bloques hormigón 8"	$K = 2'5$
Fibrocemento 1/4"	$K = 5'4$
Hormigón poroso 6"	$K = 3'9$
Hormigón } + 1" poliuretano ..	$K = 0'5$
o Fibrocemento) + 1" poliestireno .	$K = 1'0$
Madera blanda	$K = 2'9$

HEAT LOSSES CALCULATION-3

4 - LOSSES THROUGH THE FLOOR

$$Q_4 = \rho \cdot S \cdot \Delta t'$$

ρ : Coefficient of thermic conductivity

Generally $\rho = 3 \text{ Kcal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$

$$\Delta t' = \frac{t_i - t_e}{2}$$

t_i = indoor temperature

t_e = outdoor temperature

S = Floor surface

5 - LOSSES BY AIR EXCHANGE

$$Q_5 = R \cdot V \cdot 0'307 \cdot (t_i - t_e)$$

R : Amount of air exchanges per hour . Greenhouse closed.

V : Volume of the greenhouse

6 - TOTAL LOSSES

$$Q = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 - S1$$

7 - ADAPTATION BY COEFFICIENT OF SYSTEM EFFICIENCY

$$Q_T = R \cdot Q$$

Hot water, natural circulation..... $R = 1'3 - 1'4$

Hot water or steam, pumped $R = 1'25 - 1'3$

Hot air blower $R = 1'15 - 1'25$

RELATIONSHIP BETWEEN WIND AND AIR EXCHANGE

WIND SPEED	meters/sec.	0	1	2	3	4	5
	Km/hour	0	3'6	7'2	10'8	14'4	18
AMOUNT OF EXCHANGES PER HOUR		1'1	1'5	1'9	2'3	2'6	3
CO ₂ IN THE AIR		0'19	0'15	0'125	0'11	0'10	0'09

HEATING THROUGH PERFORATED CONVECTION TUBES

DIAMETER $D_p = 2.54 \sqrt{0.05886 V}$
V : volume of air pulled (m^3 /hour)
Dp: diameter (cm)

AIR FLOW IN ONE SECONDARY TUBE $V_d = \frac{V}{n}$
DIAMETER IN ONE SECONDARY TUBE $D_d = 2.54 \sqrt{0.08829 V_d}$

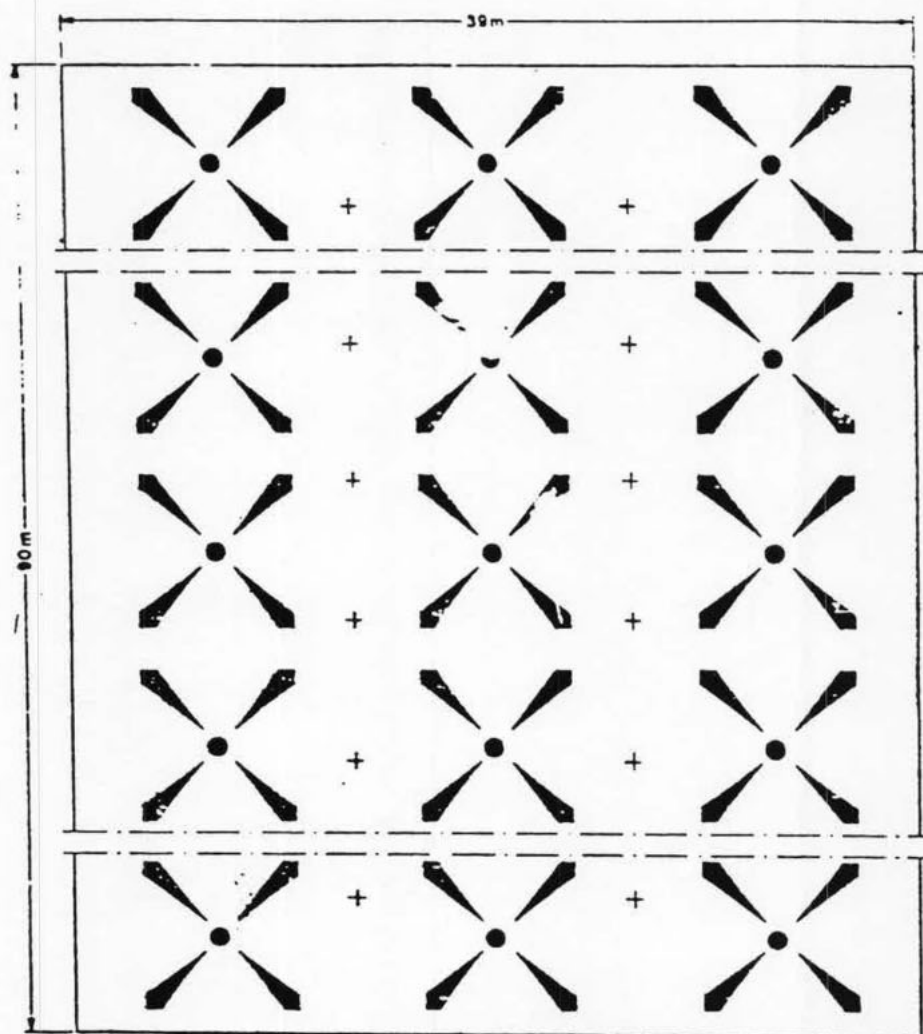
For every 7.5 Kcal/hora can be calculated
an air pulling of $1. m^3/h$ at 3-4 mm w.c.

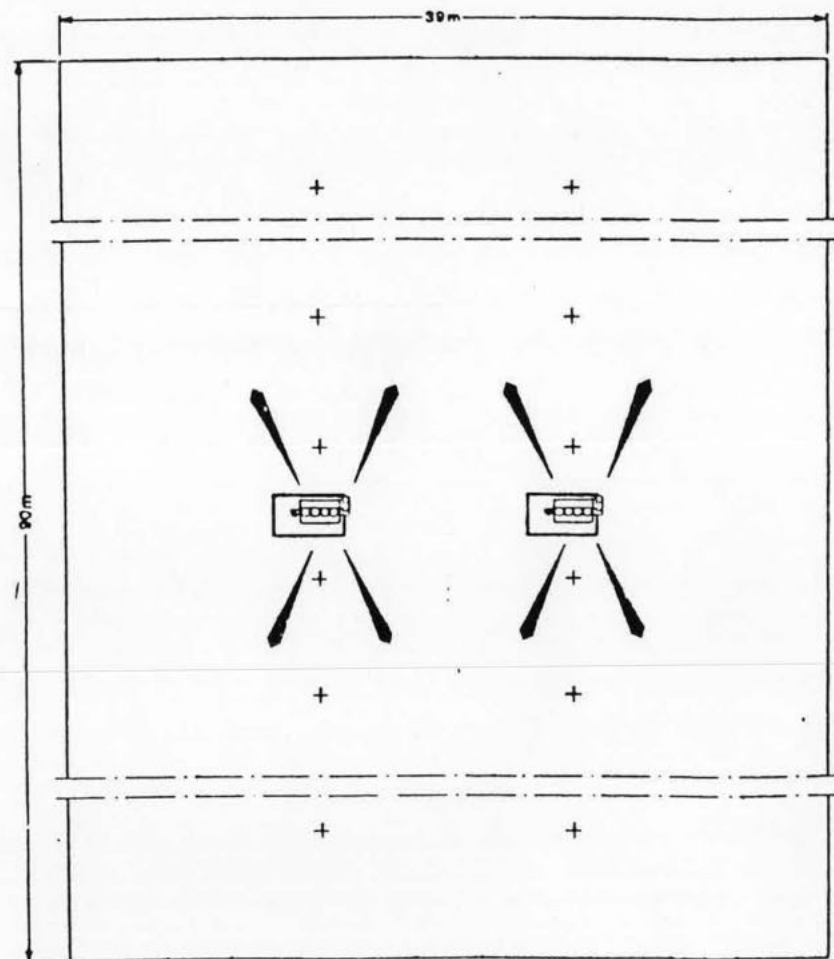
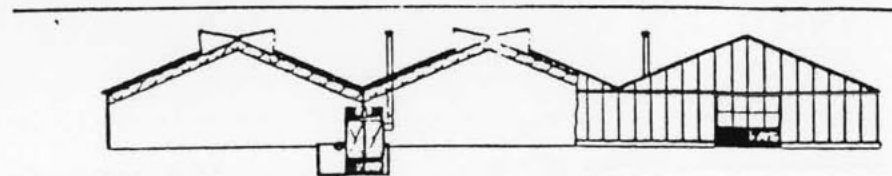
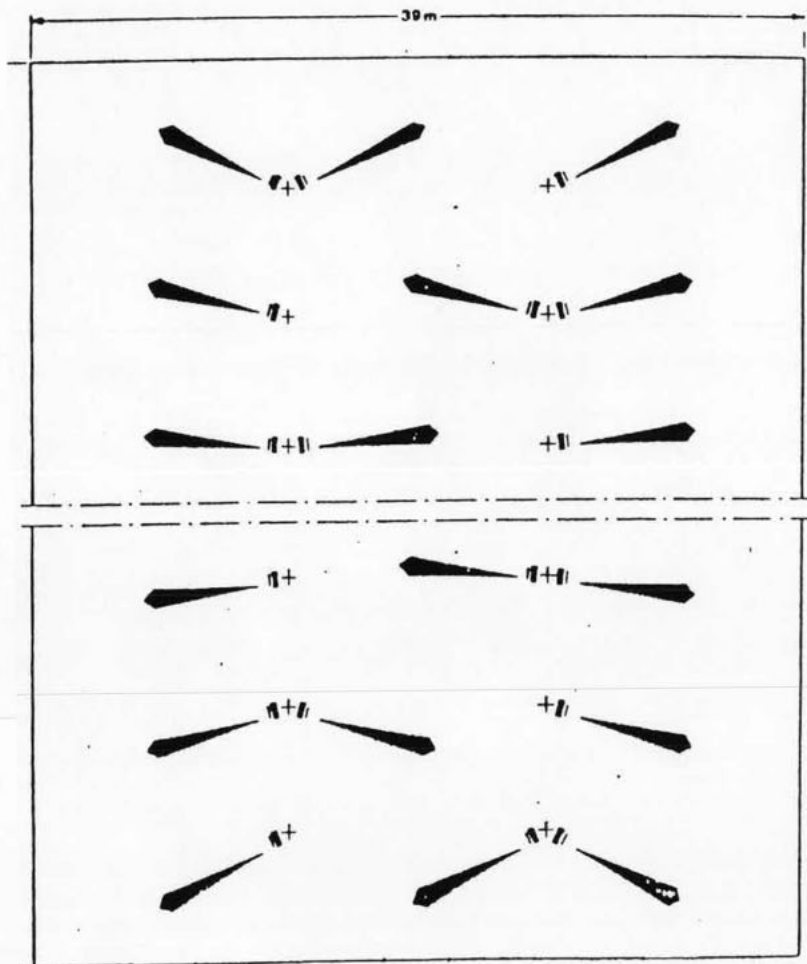
HOLES DIAMETER $d = 2.54 \sqrt{0.056 \frac{V}{L} \cdot S}$

V : air flow (m^3 /hour)

L : tube length (m)

S : distance between two couples of holes (m)





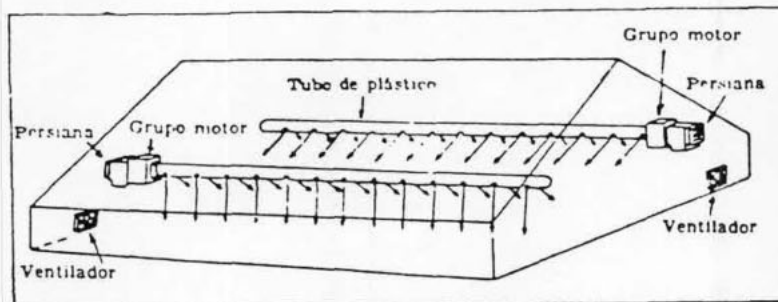
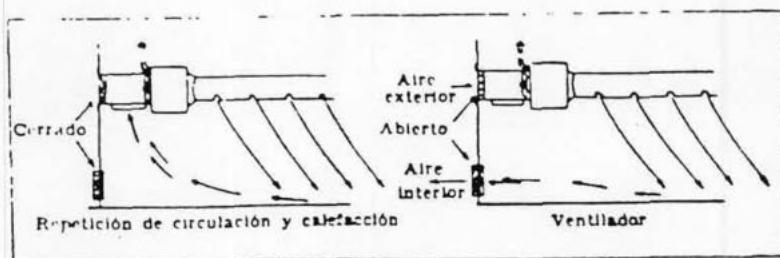
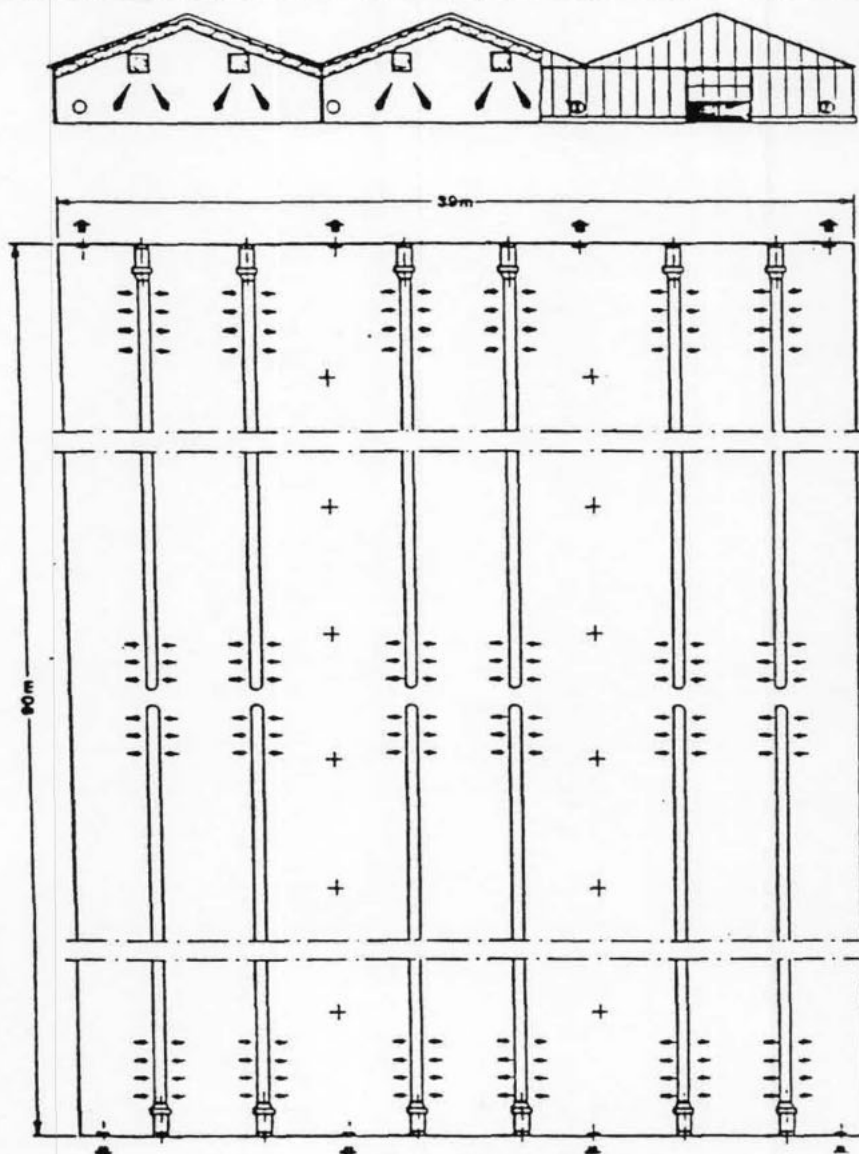


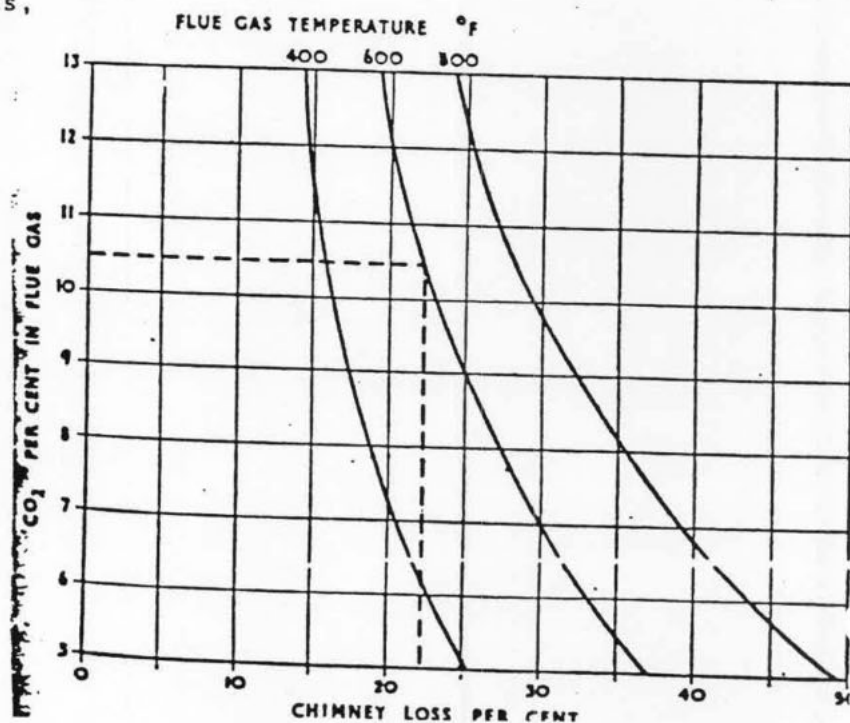
Fig. 46.—Sistema de calefacción y ventilación con ayuda de plástico.
(*Florists' Review*, 1968).



Tab. 2 - Livelli ottimali di CO_2 , U.R., temperatura del substrato ed illuminazione. (Da Tesi, 1969).

SPECIE	Temperatura ottimale substrato (°C)	(CO ₂) (p.p.m.)	U.R. (%)	LUCE	
				Intensità (Lux)	Durata (ore)
ORTICOLE:					
Pomodoro	15-20	1.000-2.000	55-60	10.000-40.000	G.I.
Cetriolo	20-21	1.000-3.000	70-90	15.000-40.000	G.L.
Melone	20-22	—	60-80	—	G.L.
Peperone	15-20	—	65-70	—	G.L.
Melanzana	15-20	—	65-70	—	G.L.
Lattuga	10-12	1.000-2.000	60-80	12.000-30.000	G.L.
Fragola	12-15	—	60-70	—	G.C. (12-13 ore di buio)
FLORICOLE:					
Garofano	15-18 (radicaz.)	500-1.000	70-80	15.000-45.000	G.I. (14)
Rosa	15-18	1.000-2.000	70-75	pleno sole	G.I.
Gerbera	18-20	—	60-70	pleno sole	G.I.
Crisantemo	18	400-1.200	60-70	75-95 (per ill. fotop.)	G.C. (12-13 ore di buio)
Gliadiolo	10-15	—	60-70	pleno sole	G.L.
Tulipano	8-12	—	70-80	pleno sole	G.L.
Iris e Narciso	10-13	—	60-70	pleno sole	G.L.
Lilium e Freesia	10-15	—	60-70	pleno sole	G.L.
Ciclamino	14-16	—	60-70	semilombra	G.I.
Azalea-Rododendri	15-18	—	80-95	pleno sole (inv.) semilombra (est.)	G.L.
Begonia	18-20	—	60-70	semilombra	G.L.
Polinsetta	18-20	—	60-70	pleno sole	G.C.
Primula e Calceolaria	—	—	60-75	pleno sole	G.L.
Pelargonium	—	1.000-2.000	60-70	pleno sole	G.L.
Saintpaulia	20-22	—	70-80	5.000-20.000	—
Kalanchoe	—	—	60-70	pleno sole	G.C.
Ortensia	18-20	—	70-80	pleno sole	G.L.
Gardenia	19-22	—	—	pleno sole	G.L.
Cymbidium	10-14	—	80-90	15-30.000	G.I.
Cypripedium	10-14	—	80-90	15-30.000	G.I.
Phalaenopsis e Cattleya	16-18	—	80-90	15.000	G.C.
Croton, Ficus	21-24	—	80-90	pleno sole	—
Dieffenbachia	18-20	800-1.200	85-95	12.000-15.000	—
Bromellacee	18-20	—	80-90	semilombra	—
FRUTTICOLE:					
Vite	13-15	—	50-70	—	G.L.
Pesce	—	—	70-80	—	G.L.

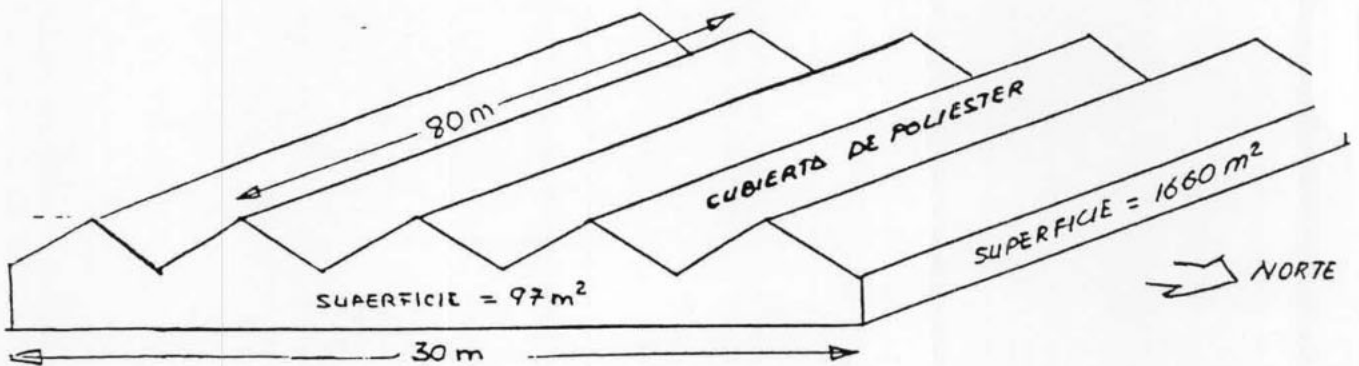
Relación entre pérdidas de calorías,
temperatura de salida de gases
y contenido en CO_2 .



EJEMPLO DE CALCULO DE LA POTENCIA CALORIFICA DE UNA INSTALACION CALEFACTORA PARA UN INVERNADERO.

DATOS

- Temperatura mínima exterior = -1°C
- Temperatura mínima deseada en el interior del invernadero = 18°C
- Incremento térmico = $t = 18 - (-1) = 19^{\circ}\text{C}$
- Velocidad del viento = 20 km/hora
- Dimensiones del invernadero:



1) IRRADIACION SOLAR

Diciembre

$$IS = 100 \text{ Kcal/h/m}^2 = 100 \times 2.400 = \underline{240.000 \text{ Kcal/h.}}$$

2) PERDIDAS POR IRRADIACION DEL SUELO Y PLANTAS

$$Q_2 = 4'4 \times 10^{-8} \times A_g \times P (T_i^4 - T_e^4)$$

$$P (\text{Poliéster}) = 0'1$$

$$Q_2 = 4'4 \times 10^{-8} \times 2.400 \times 0'1 [(273 + 18)^4 - (273 + (-1))^4] = \underline{17.952 \text{ Kcal/h}}$$

3) PERDIDAS POR CONVECCION-CONDUCCION

$$Q_3 = K \times S (t_i - t_e) \left(1 + \frac{x}{100}\right)$$

$$K \text{ del poliéster} = 4'8$$

$$\text{La K es afectada por la velocidad del viento según } K = 4'8 + 0'15 V.$$

$$\text{Velocidad del viento} = 20 \text{ km/hora.}$$

$$K = 4'8 + 0'15 V = 4'8 + 0'15 \times 20 = \underline{7'8}$$

Superficie de paredes y cubierta:

$$\text{Al Norte: } 1.660 \text{ m}^2$$

$$\text{Al Oeste: } 97 \text{ m}^2$$

$$\text{Al Sur: } 1.660 \text{ m}^2$$

$$\text{Al Este: } 97 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = [7'8 \times (1.660 + 97) \times 19 (1 + \frac{10}{100})] + [7'8 \times (1.660 + 97) \times 19 (1 + \frac{5}{100})] = \underline{559.833 \text{ Kcal/h.}}$$

4) PERDIDAS A TRAVES DEL SUELO

$$Q_4 = \rho \times S \times \Delta t'$$

$$\Delta t' = \frac{t_i - t_e}{2} = \frac{18 - (-1)}{2} = \underline{9'5^\circ\text{C}}$$

$$\rho = 3 \text{ Kcal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$$

$$Q_4 = 3 \times 2.400 \times 9'5 = \underline{68.400 \text{ Kcal/h.}}$$

5) PERDIDAS DEBIDAS A LA RENOVACION DEL AIRE

$$Q_5 = R \times V \times 0'307 (t_i - t_e)$$

Con un viento de 20 km/hora la tasa de renovación es 4 cambios/hora.

$$Q_5 = 4 \times 9.010 \times 0'307 \times 19 = \underline{210.221 \text{ Kcal/h.}}$$

6) TOTAL DE DISPERSIONES CALORIFICAS

$$Q_t = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 - IS =$$

$$= 17.952 + 559.833 + 68.400 + 210.221 - 240.000 =$$

$$= \underline{616.406 \text{ Kcal/h.}}$$

7) ADAPTACION PARA CALEFACCION POR AGUA CALIENTE

$$Q = 1'3 \times 616.406 = \underline{801.328 \text{ Kcal/h.}}$$

Factor de transmisión de la luz

Definición.—Las condiciones de las lámparas (pantallas, polvo acumulado, altura de colocación) y del local (dimensiones, color de las paredes, etc.) hacen que la luz recibida sea menor que la emitida por las lámparas de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Luz recibida} = \text{Luz emitida} \times \text{Factor de transmisión}$$

Medida.—La luz emitida y recibida se mide en lúmenes.

Factor de transmisión.—El factor de transmisión (K) es el producto del coeficiente de uso (CU) y del coeficiente de conservación (CC):

$$K = CU \times CC$$

Índice del local.—El índice del local (IL) permite encontrar en la tabla adjunta el valor del coeficiente de utilización (CU). El índice del local se calcula de la siguiente manera:

$$IL = \frac{\text{Longitud} \times \text{Anchura}}{\text{Altura de la lámpara (Longitud} + \text{Anchura)}}$$

La altura de la lámpara se mide desde el suelo o desde la zona de trabajo a iluminar.

TABLA N.º 1 Valores de CU en función del índice del local

Tipo	Lámparas y pantallas	Valor de IL	Superficies del local		
			Claros	Medias	Oscuras
A	Pantallas metálicas normales en lámparas de incandescencia y fluorescentes...	1	0.45	0.40	0.37
		2	0.59	0.55	0.51
		3	0.65	0.61	0.58
		4	0.70	0.65	0.61
B	Pantallas metálicas brillantes en lámparas de incandescencia y fluorescentes...	1	0.49	0.45	0.42
		2	0.62	0.58	0.54
		3	0.66	0.63	0.59
		4	0.68	0.65	0.61
C	Pantalla de plástico en lámparas fluorescentes...	1	0.43	0.38	0.35
		2	0.56	0.51	0.47
		3	0.53	0.58	0.53
		4	0.66	0.61	0.56
D	Lámpara fluorescente con difusor de plástico...	1	0.35	0.30	0.26
		2	0.47	0.41	0.35
		3	0.54	0.47	0.41
		4	0.57	0.50	0.43
E	Lámparas fluorescentes sin pantalla ni difusor...	1	0.37	0.31	0.26
		2	0.52	0.45	0.38
		3	0.61	0.53	0.46
		4	0.66	0.57	0.49
F	Lámparas de incandescencia con difusor.	1	0.32	0.27	0.23
		2	0.42	0.37	0.32
		3	0.49	0.42	0.37
		4	0.51	0.45	0.39

Coeficiente de conservación.—El polvo que se acumula en las lámparas y pantallas ocasiona pérdidas de luz. Según que el local, por el trabajo que en él se hace, tenga más o menos polvo y según

la frecuencia de limpieza de las lámparas, pantallas y difusores, se calcula el coeficiente de conservación de acuerdo con la tabla n.º 2.

TABLA N.º 2 Coeficiente de conservación

Condiciones del local	Limpieza frecuente. 1-2 meses	Limpieza normal. 4-8 meses	Escasa limpieza. 12 meses
Limpio	0.9	0.8	0.7
Normal	0.8	0.7	0.6
Sucio	0.7	0.6	0.5

Factor de transmisión de la luz

Ejemplo:

Sala de ordeño de 5,50 m. x 6,90 m. con techo a 3,50 m de altura. Se trata de un local limpio que se limpia frecuentemente y cuyas paredes son blancas. Se van a colocar tubos fluorescentes pegados al techo a 3,40 m. con pantallas brillantes metálicas

Índice de local:

$$IL = \frac{5,50 \times 6,90}{3,40 (5,50 + 6,90)} = \frac{37,95}{42,16} = 0,90.$$

Coefficiente de uso: Tomando un valor IL = 1, la tabla n.º 1 da un valor CU = 0,49.

Coefficiente de conservación: En las condiciones de limpieza del local se toma CC = 0,9.

Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC = 0,49 \times 0,9 = 0,44.$$

Observación.—Si las paredes de esta sala de ordeño fuesen de color medio (color del cemento) y se colocasen tubos fluorescentes con difusores de plástico que sólo se limpiasen una vez al año, el factor de transmisión sería el siguiente:

Valor de CU (para IL = 1); CU = 0,30

Valor de CC; CC = 0,7

$$\text{Valor de } K = CU \times CC = 0,30 \times 0,7 = 0,21$$

lo que significa que habría que doblar el número de lámparas para conseguir la misma iluminación.

LUMINAIRE TYPE HDK 051 WITH HIGH-PRESSURE MERCURY HALIDE LAMPS HPI/T 375 W OR HIGH-PRESSURE SODIUM LAMPS SON/T 400 W

Maintenance factor $m=0,85$

Irradiance in mW/m ² for room index K=					HDK 051 with HPI/T 375 W				HDK 051 with SON/T 400 W			
5 or more	4	3	2	1	A (m ²)	s ₁ (m)	s ₂ (m)	h _m (m)	A (m ²)	s ₁ (m)	s ₂ (m)	h _m (m)
2000	1900	1800	1550	1000	25,34	5,0 4,4 3,7	5,0 5,8 6,8	3,9 4,4 5,0	32,56	5,7 4,9	5,7 6,6	4,4 4,9
3000	2850	2700	2300	1550	16,89	4,1 3,6 3,1	4,1 4,7 5,5	3,2 3,6 4,0	21,72	4,7 4,0 3,5	4,7 5,4 6,3	3,6 4,0 4,6
4500	4300	4050	3450	2300	11,26	3,3 2,8 2,5	3,3 3,8 4,5	2,6 2,9 3,3	14,04	3,7 3,3 2,8	3,7 4,3 5,0	2,9 3,3 3,7
6000	5700	5400	4650	3100	8,44	2,9 2,5 2,2	2,9 3,3 3,9	2,2 2,5 2,9	10,86	3,3 2,9 2,4	3,3 3,8 4,5	2,6 2,9 3,3
7500	7150	6750	5800	3900	6,75	2,6 2,2 1,9	2,6 3,0 3,5	2,0 2,3 2,6	8,68	2,9 2,6 2,2	2,9 3,4 4,0	2,3 2,6 2,9
9000	8600	8100	6950	4650	5,63	2,3 2,1 1,8	2,3 2,7 3,2	1,9 2,1 2,3	7,23	2,7 2,3 2,0	2,7 3,1 3,6	2,1 2,3 2,7
12000	11400	10800	9250	6250	4,06	2,0 1,8 1,5	2,0 2,3 2,7	1,6 1,8 2,0	5,43	2,3 2,0 1,7	2,3 2,7 3,2	1,8 2,0 2,3
15000	14300	13500	11600	7800	3,37	1,8 1,6 1,4	1,8 2,1 2,4	1,4 1,6 1,8	4,34	2,1 1,8 1,6	2,1 2,4 2,8	1,6 1,8 2,1
18000	17200	16200	13900	9350	2,81	1,7 1,5 1,3	1,7 1,9 2,2	1,3 1,5 1,7	3,62	1,9 1,6 1,4	1,9 2,2 2,6	1,5 1,7 1,9
24000	22900	21600	18500	12500	2,10	1,4 1,3 1,1	1,4 1,6 1,9	1,2 1,3 1,4	2,71	1,6 1,4 1,2	1,6 1,9 2,2	1,3 1,4 1,6
30000	28700	27000	23200	15600	1,68	1,3 1,1 1,0	1,3 1,5 1,7	1,0 1,1 1,3	2,17	1,5 1,3 1,1	1,5 1,7 2,0	1,2 1,3 1,5
45000	43100	40500	34800	23400	1,12	1,05 0,9 0,8	1,05 1,2 1,4	0,8 0,9 1,05	1,44	1,2 1,0 0,9	1,2 1,4 1,6	0,95 1,05 1,2
60000	51400	54000	46400	31200	—	—	—	—	1,08	1,05 0,9 0,8	1,05 1,2 1,4	0,8 0,9 1,05
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)

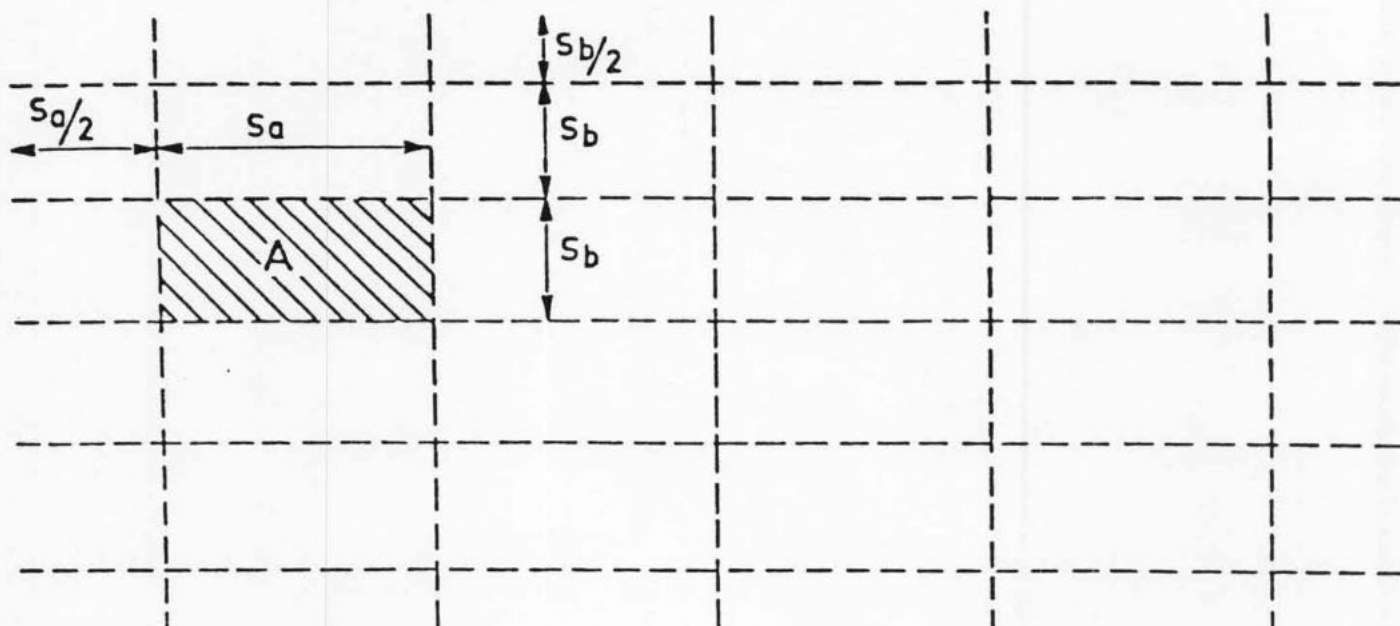


Fig. 1

DETAILS CONCERNING THE TABLE

The table is based on the following assumptions:

- The uniformity in the horizontal plane on plant level is $E_{min}/E_{max} \approx 0.9$.
- A maximum distance lamps-to-plants of 5 m is assumed, because the height of the greenhouse is normally not greater than 5 m.
- The reflectances of the walls etc. are assumed to be zero.
- The arrangements are based on a maintenance factor $m=0.85$. This means that for a certain arrangement the irradiance in new condition will be 100:85 times higher than that stated in the table.
- The calculations are based upon the radiant flux of the lamp. The radiant flux is the luminous flux multiplied by a conversion factor, which, for the HPI/T 375 W lamp is 2.8 mW/lm and for the SON/T 400 W lamp 2.3 mW/lm.

The radiant flux of the HPI/T 375 W lamp is 84000 mW/m².

The radiant flux of the SON/T 400 W lamp is 108000 mW/m².

The columns, from left to right in the table, are as follows:

- 1-5 E_{av} , the average irradiance (mW/m²) on the growing plane under clean conditions, with a maintenance factor of $m=0.85$ and for five different values of room index ($K=5, 4, 3, 2$, and 1). For the calculation of K , see "Directions for use of the table".
- 6 and 10 A , area in m², covered per luminaire, at different combinations of room index and irradiance level.
- 7 and 11 s_a , the spacing in the lengthwise direction.
- 8 and 12 s_b , the spacing in the crosswise direction.
 $s_a = s_b$: square arrangement
 $s_a \neq s_b$: rectangular arrangement
- 9 and 13 h_m , the mounting height of the lamps above the plants (from the tops of the plants to the centre of the light source).

DIRECTIONS FOR USE OF THE TABLE

1. Room Index K

Calculate the room index K for the greenhouse by means of the formula

$$K = \frac{l \times b}{h_m \times (l + b)}$$

l = length } of the surface area to be irradiated
 b = width }

h_m = height of the lamps above the plants (i.e. as measured from the tops of the plants to the centre of the light source).

When calculating K , for h_m the maximum available distance from lamps to plants should be taken.

If $K > 5$, the column $K=5$ in the table must be used.

In this case, the luminaires can be mounted directly on the roof trusses, instead of at the mounting height given in the table. The uniformity will improve thus, without the irradiance level being affected.

If K is a fractional number, it is not rounded off, but an interpolation should be made.

2. Irradiance required

Find the average irradiance E_{av} , known to be required for the particular crop in question, from the left hand columns. There are 13 different values for each of the room indices 5, 4, 3, 2 and 1. Again, it may be necessary to interpolate.

3. Details of installation

For each combination of room index and irradiance level, the irradiated area per luminaire can be found in column 6 or 10. The columns 7 and 8 or 11 and 12 give the spacings in a square arrangement and two different rectangular arrangements and in column 9 or 13 the corresponding mounting heights can be found.

4. The arrangement of the luminaires

The number of luminaires necessary to obtain the required average irradiance is found by dividing the total area to be irradiated by the area covered per luminaire.

$$n = \frac{\text{total area, in m}^2, \text{ to be irradiated}}{\text{area per luminaire, in m}^2} = \frac{l \times b}{A}$$

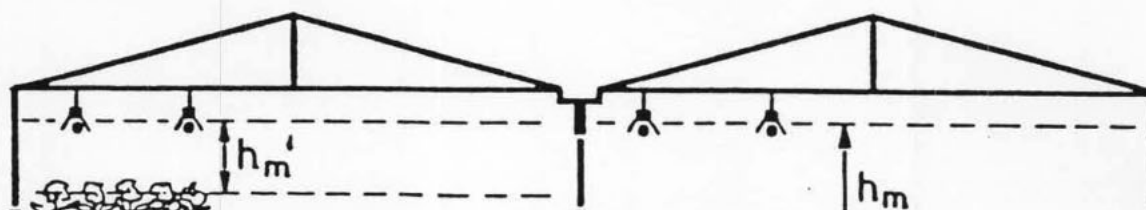
Endeavour to design a solution using this number of luminaires, or, if necessary and possible, a deviating number, viz. the nearest whole value which can be factorized.

The solution must fulfil the following conditions:

- The number of luminaires must allow for a distribution in a regular pattern:

$$l = n_a \times s_a \text{ and } b = n_b \times s_b$$

The spacing, and therefore the number of luminaires, in one or both directions may be fixed, e.g. by the distances between the roof structures.



b) The maximum available mounting height must allow for the planned solution. When, on the one hand, the mounting height resulting from the table is higher than the maximum possible mounting height in the greenhouse, the solution is of course unsuitable. When, on the other hand, it is found that the mounting height resulting from the table is lower than the maximum possible mounting height in the greenhouse, the room index will be higher than the value of K as calculated under 1. This means that fewer luminaires can be installed to achieve the required irradiance level (see example).

c) Other factors to be considered are: the weight of the luminaires, the cabling, daylight interception, etc.

When a solution has been found in which the total number of luminaires deviates from the calculated number, it is useful to check the difference between the irradiance level taken in the calculation and that of the ultimate solution.

It may be necessary to know the relative illuminance values (in lux), if, for instance, measurements are to be made with a lux meter. These can be found by dividing the irradiance values given in the table by the conversion factor (2.8 mW/lm for the HPI/T 375 W lamp and 2.3 mW/lm for the SON/T 400 W lamp).

EXAMPLE

The dimensions of the surface area to be irradiated are:

Length $l = 25$ m

Width $b = 25$ m

Maximum available height $h = 3$ m (maximum distance between lamps and plants, see figure 2).

The greenhouse contains plants which require to be irradiated at, say, $E_{\text{req}} = 7500$ mW/m².

The room index $K = \frac{l \times b}{h_m \times (l + b)} = \frac{25 \times 25}{3 \times (25 + 25)} = 4.2$.

For $E_{\text{req}} = 7500$ mW/m² and $K = 4.2$ (interpolating between 4 and 5), the irradiated area per luminaire is:

for HPI/T lamps: $A = 6.5$ m², for SON/T lamps: $A = 8.4$ m².

This results in a number of luminaires $n = \frac{l \times b}{A}$:

for HPI/T lamps: $\frac{25 \times 25}{6.5} = 97$

for SON/T lamps: $\frac{25 \times 25}{8.4} = 75$

The nearest numbers with which a regular pattern can be created are:

for HPI/T lamps:

$n = 99$ (9×11) with $s_x = \frac{25}{9} = 2.8$ m

$s_y = \frac{25}{11} = 2.25$ m

$h_m = 2.3$ m

for SON/T lamps:

$n = 72$ (8×9) with $s_x = \frac{25}{8} = 3.1$ m

$s_y = \frac{25}{9} = 2.8$ m

$h_m = 2.6$ m

For the solution using SON/T lamps it will be necessary to check whether the lower number of luminaires (72 instead of 75) is compensated for by the lower mounting height of 2.6 m (compared with the maximum available height of 3 m).

The room index at a mounting height of 2.6 m is:

$$K = \frac{25 \times 25}{2.6 \times (25 + 25)} = 5$$

At $K = 5$ a level of 7500 mW/lm can be achieved at an area per luminaire of 8.68 m², corresponding with a number of luminaires

$$n = \frac{l \times b}{A} = \frac{25 \times 25}{8.68} = 72$$

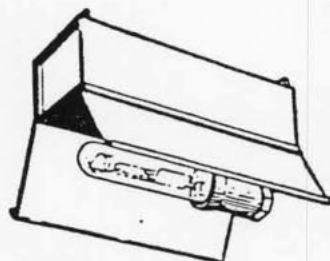
The conclusion is, that an irradiance of 7500 mW/m² can be achieved with 72 luminaires.

Thus the possible solutions are:

99 HDK 051 luminaires with HPI/T 375 W lamps at spacings of $s_x = 2.8$ m and $s_y = 2.25$ m and at a mounting height of 2.3 m

72 HDK 051 luminaires with SON/T 400 W lamps at spacings of $s_x = 3.1$ m and $s_y = 2.8$ m and at a mounting height of 2.6 m.

Which of the two possible solutions is ultimately chosen, mainly depends upon economic factors such as the running costs per year.



HDK 051

for lamps

HPI/T 375 W or

SON/T 400 W

Lighting installations for plant irradiation have become of increasing importance to those market gardeners who wish to control the growth process of certain of their crops. The process of plant growth is affected by a number of different factors of which light is a very critical one. With an artificial lighting installation it is possible to supplement the normal daylight available in a greenhouse, extend the period of daylight, give nightbreaks etc.

By the application of light the grower can obtain an earlier crop, increase the quality as well as the quantity of a crop, achieve all year round production etc.

The irradiance level and exposure time required are mainly dependent upon:

- the plant species,
- the purpose of the irradiation, e.g. to obtain vegetative growth, prevention of bud initiation, improving carbon dioxide assimilation, raising seedlings etc.

In order to simplify calculations this lighting scheme gives pre-calculated recommendations for appropriate lighting installation arrangements for those applications where a relatively high irradiance level is required. Suitable luminaire and lamp combinations for this case are:

HDK 051 with HPI/T 375 W lamp

HDK 051 with SON/T 400 W lamp

For plant irradiation purposes a good uniformity of irradiance in the horizontal plane is essential and for this reason a uniformity, expressed as $E_{\text{max}}/E_{\text{min}}$, on the plants of 0.9 has been taken as the criterion.

The table provides various suggested installation arrangements. The arrangement eventually selected, which may be in either a square or a rectangular pattern, will of course depend upon such factors as the irradiance level required, as well as the mounting height possible, geometry of the greenhouse, roof structure etc.

Table IV

Possible installations for a square greenhouse consisting of four bays (each 6,40 m wide, i.e. a total width of 25,60 m)
For this example the Room Index (K) is assumed to be ≥ 5 , if not stated otherwise.
This means that the maximum mounting height $h_{max} = 2,55$ m.

Type of lamp	Irradiance mW/m ²	Illuminance lux	Installed net lamp power W/m ²	Area per luminaire m ²	Mounting height m	Spacing between centres of luminaires, m
Incandescent lamps (luminaire type NK21)	'Argenta' 40 W	200	48	7,5	5,4	2,33
	'Argenta' 75 W	400	95	14	5,4	2,33
	'Argenta' 100 W	800	143	18,5	5,4	2,33
	'Argenta' 150 W	800	190	23,5	6,5	2,55
	'Argenta' 200 W	1 000	240	30,5	6,5	2,55
	'Argenta' 300 W	1 500	360	44	4,5	2,14
	500 W	2 000	475	46	6,5	2,55
TL fluorescent lamps colour 33 (luminaire type TK12)	1 x TL 40 W	400	135	3	13,3	2,50
	1 x TL 65 W	800	200	5	13,3	2,50
	2 x TL 40 W	800	265	6	13,3	2,50
	2 x TL 40 W	1 000	335	7	11,7	2,50
	2 x TL 65 W	1 500	500	11	11,7	2,50
	2 x TL 65 W	2 000	670	16	8,0	2,00
	2 x TL 65 W	3 000	1 000	24	5,4	1,75
HLRG mercury reflector lamps (luminaire type HDK251)	2 x TL 65 W	4 500	1 500	33	3,8	1,50
	2 x TL 65 W	6 000	2 000	45	2,9	1,30
	1 500*)	500	24	16,4	3,37	4,05
	2 000*)	670	31	12,8	2,99	3,59
	3 000	1 000	45	9,0	2,50	3,00
	4 500	1 500	67	6,0	2,04	2,45
	6 000	2 000	89	4,5	1,77	2,12
HPI/T high-pressure mercury halide lamps (luminaire type HDK051)	9 000	3 000	133	3,0	1,44	1,73
	12 000	4 000	178	2,2	1,25	1,50
	15 000	5 000	223	1,8	1,12	1,34
	18 000	6 000	270	1,5	1,01	1,22
	24 000	8 000	356	1,1	0,88	1,06
	3 000*)	1 050	24	15,6	3,80	3,95
	4 500*)	1 600	35	10,6	2,80	3,25
SON/T high-pressure sodium lamps (luminaire type HDK051)	6 000*)	2 100	46	8,1	2,80	2,85
	9 000	3 200	67	5,6	2,15	2,35
	12 000	4 250	88	4,2	1,85	2,05
	15 000	5 350	110	3,4	1,70	1,85
	18 000	6 400	133	2,8	1,50	1,65
	24 000	8 500	177	2,1	1,30	1,45
	30 000	10 700	220	1,7	1,20	1,30
SON/T high-pressure sodium lamps (luminaire type HDK051)	45 000	18 000	330	1,1	0,95	1,05
	60 000	21 400	440	0,85	0,85	0,92
	3 000*)	1 300	21	18,9	3,85	4,35
	4 500*)	1 950	30	13,3	3,30	3,65
	6 000*)	2 600	39	10,3	2,80	3,20
	9 000*)	3 900	56	7,2	2,45	2,70
	12 000	5 200	74	5,4	2,10	2,30
SON/T high-pressure sodium lamps (luminaire type HDK051)	15 000	6 500	92	4,3	1,85	2,05
	18 000	7 800	111	3,6	1,75	1,90
	24 000	10 400	148	2,7	1,45	1,60
	30 000	13 000	183	2,2	1,35	1,45
	45 000	19 500	275	1,4	1,10	1,20
	60 000	26 000	365	1,1	0,95	1,05

*) Only when room index K < 5.

Note:

A maintenance factor of 0,85 was used when calculating the table. This means that the initial irradiance level will be approximately 12% higher than the values given in the table. Due to depreciation, however, the irradiance level will decrease in a certain time to the values given in the table.

Assuming a room index, K, greater than 5, for this particular greenhouse, a maximum distance from plants to lamps is found of $h_{max} = 2,55$ m (by means of the formula:

$$K = \frac{\text{length} \times \text{width}}{\text{mounting height} \times (\text{length} + \text{width})}$$

with $K = 5 - h_{max} = 2,55$ m).

Using the table a specific mounting height is found. If this height is lower than h_{max} then any height up to h_{max} (if possible h_{max}) can be used. In this way a better uniform

Use of the table

If, for example, an irradiance level of, say, 12 000 mW/m² is required in the greenhouse in question, looking at the table at the 12 000 mW/m² level, we find three types of lamp which can be used: HLRG, HPI/T and SON/T. In terms of installed lamp power the SON/T requires the least amount of power per unit of area (74 W/m²). The power consumed (with ballast losses added) is approximately 12% higher, 82 W/m² (see Table I - SON/T - column 4).

Which of the three types gives the cheapest overall solution can be found by making a calculation in which all the economic factors (some of which may vary according to local conditions) are considered e.g. investment costs, power costs, maintenance costs etc.

From the table we find for the three types in question that a mounting height (lamp to plant) of 1,25 m, 1,85 m and 2,10 m respectively should be used. For the previously mentioned reasons, however, a mounting height of 2,55 m should preferably be chosen. Assuming this is possible in the greenhouse in question.

Whichever solution is chosen, the relevant area per luminaire should be taken from the table.

From the table it will also be clear that for low irradiance levels the use of fluorescent lamps gives a good solution.

Table 1

Radiation characteristics of some lamp types, in the waveband between 400 and 700 nm

Lamp type (denomination, where different in UK, in parenthesis)	Category	Nominal lamp power	Approx power consumption per lamp, incl ballast	Conversion factor (1)	Total radiant flux (Radiant power)	Radiation efficiency of the nominal lamp power	Approx radiation efficiency per lamp incl ballast
(1)	(2)	W (3)	W (4)	mW/lm (5)	mW (6)	% (7)	% (8)
TL (MCFE) 40W/29	fluorescent lamp	40	50	2.7	8 200	20.5	16.4
TL 40W/32	fluorescent lamp	40	50	3.5	6 800	17.2	13.6
TL 40W/33	fluorescent lamp	40	50		9 600	24.0	19.2
TL 65W/33		65	80		15 300	23.5	19.1
TLF 40W/33		40	50		8 100	20.3	16.2
TLF 65W/33		65	80		13 200	20.3	16.5
TLW 140W/33 RS		140	156	3.0	27 000	19.2	17.0
TLWF 140W/33 RS		140	158		23 400	16.7	14.9
TL 215W/33 RS		215	242		45 000	20.9	18.6
TLF 215W/33 RS		215	242		39 000	18.1	16.1
TL 40W/34	fluorescent lamp	40	50	3.6	7 200	18.1	14.5
TL 40W/55	fluorescent lamp	40	50	6.8	7 800	18.9	15.2
HPL (MSF/U)	no longer produced, replaced by HPL-N						
HPL-N 400W (MBF/U-Power White)	high-pressure mercury fluorescent lamp	400	422	2.7	66 000	16.5	15.8
HPLR-N 400W (MBFR/U-Power White)	mercury fluorescent reflector lamp	400	422	3.1	62 000	15.8	14.1
HLRG 400W	mercury reflector lamp	400	422	3.0	42 000	10.5	9.95
HPI/T 375W (MB/H)	high-pressure mercury halide lamp	375	405	2.8	84 000	22.4	20.7
MLL-N 250W	blended-light lamp	250	250	2.0	16 500	6.6	6.6
MLL-N 500W (Power Blend)		500	500	2.0	37 500	7.5	7.5
SON/T 400W	high-pressure sodium lamp	400	446	2.3	108 000	27.0	24.2
200W	incandescent lamp	200	n.a.	4.3	13 500	6.75	n.a.
500W		500	n.a.	4.1	34 000	6.8	n.a.

1) The figures in this column are used in calculations as a factor for the conversion of the illuminance in lumens/m² to irradiance in milliwatts/m².
For example, if the measured or estimated illuminance, of an area, obtained by the use of 40 W TL fluorescent lamps colour 33 is 200 lux, the irradiance over the same area will be 200 x 3.5 = 700 mW/m².

2) These lamps have an internal reflector, which accounts for their relatively low efficiency. This is not taken into account in the overall figures, but should be considered for in the overall figures, but should be considered for in the overall figures.

Table v

Survey of various plant species with their respective irradiation requirements

Plant species	Required irradiance mW/m ²	Irradiation period (Western Europe)	Irradiation time per 24 hrs hrs	Purpose and further details
<i>Aechmea fasciata</i> (Air-Pine)	6 000	November-February	8-10 (at night)	Promoting vegetative growth of seedlings
<i>Antirrhinum majus</i> (Snapdragon)	12 000	For 4-5 weeks after appearance (sown early December)	Day-lengthening to 16 hrs	Flower advancement by approx. 4 weeks
<i>Aphelandra</i>	1 100	November-February	6-8	Promoting vegetative growth; at higher irradiance levels also earlier flowering
<i>Begonia elatior</i>	200	October-April	8 (day-lengthening)	Suppressing bud formation; more and earlier cuttings
<i>Begonia lorraine</i>	100-200	In winter, for 40 days after taking leaf cuttings	8 (day-lengthening)	Preventing flower-bud initiation; improved sprouting
<i>Begonia rex</i>	300	From the end of September	8 (at night)	Improving vegetative growth of young plants; better foliage
	1 100		2 (at night)	
<i>Begonia rieger</i>	200	September-April Until cuttings are 8-10 cm	1 (autumn and spring) 6 (mid-winter)	Promoting vegetative growth; suppression of flower formation
<i>Begonia semperflorens</i>	6 000	December-February	10 (at night)	Improving vegetative growth and earlier flowering
Bulbs <i>Tulip, narcissus, daffodil, crocus, Hyacinth</i>	3 000 5 000	December-February	12 (no daylight)	Flower forcing
<i>Calceolaria hybr.</i> (Slipper Flower)	1 000	After flower bud initiation	4-5 (day-lengthening) 8 (night break)	Acceleration of flowering
<i>Callistephus chinensis</i> (Aster)	2 300	From September	8 (at night)	Stem elongation and flowering advancement (to March)
<i>Campanula isophylla</i> (Bellflower)	1 000-2 000	For some weeks after topping; from November till March	8 (night-break)	Flowering in spring instead of summer; more cuttings
Carnation (<i>Dianthus</i>)	1 300	Mid-January - end of February	All night	Increasing flower crops
	1 300	August-April	6-12 (at night)	Extending flowering time
<i>Chrysanthemum</i>	800	In winter	Day-lengthening to 16 hrs	Year-round cultivation; to prevent bud initiation in winter Critical day length: 14.5 hrs
	300		Night-break (from 6 hrs after darkness till 6 hrs before daylight)	
	200-360		Cyclic lighting (30-6 minutes per 30-minute cycle)	
	2 500	August-April	7 (at night)	Stock plants
<i>Senecio cruentus</i> (Cineraria)	1 100	After flower bud initiation, for approx. 2.5 months	9 (at night)	Flower advancement by 2-4 weeks in a period of 2.5 months
Cucumber	3 000	November-February for 4-5 weeks	Day-lengthening to from 16 hrs down to 12 hrs	Improving vegetative growth; 3-5 batches in the months of poor daylight
<i>Cyclamen persicum</i> (Sow Bread)	6 000	November-February	8-9 (at night)	Promoting vegetative growth of seedlings
Dahlia	4 000	In winter	2 (night-break)	Flowering advancement

Table V (continued)

Plant species	Required irradiance mW/m ²	Irradiation period (Western Europe)	Irradiation time per 24 hrs hrs	Purpose and further details
<i>Euphorbia pulcherrima</i> (Poinsettia)	300	From the beginning of October, for 2-3 weeks	2-3 (at night)	Retarding flower initiation (e.g. till Christmas)
<i>Euphorbia splendens</i>	1 100	October-April		Improving vegetative growth; year-round flower production
Ferns	6 000	November-February		Improving vegetative growth
Fuchsia	1 200	September-October	4 (night break)	Flowering promotion
Gerbera	6 000	November-February until 2 weeks after planting out	15	Improving vegetative growth of young plants
		next 6 weeks	6	
Gesneria	6 000	November-February	12	Improving vegetative growth of seedlings, earlier flowering
	10 000		8	
	4 000	Early in the year - mid-March	10-12	Early crop
Kalanchoe	10 000-20 000		10-12	Improving vegetative growth
	1 000- 2 000	From beginning October	8 (at night)	Flower retarding
Lilium (Lily)	10 000-20 000			Promoting bud initiation by day- lengthening
Matthiola (Stock)	12 000	January-February; until planting out	16	Flower initiation
	6 000		8 (at night)	Improving vegetative growth
<i>Pelargonium grandiflorum</i>	400-600	From December, after flower bud initiation	2-4 (night break)	Earlier flowering
<i>Saintpaulia</i> (African Violet)	6 000	In winter	Day-lengthening to 16 hrs	Improving and advancing flower production
	20 000 (beneath greenhouse benches)		24 (no daylight)	
<i>ixifraga cotyledon</i> (Rockfoil)	400	From mid-February for 3 weeks	3-4 (night break)	Flowering advancement (1-4 weeks)
<i>Sinningia speciosa</i> (Gloxinia)	6 000-10 000	November-February	8	Improving vegetative growth of seedlings
<i>Stephanolis floribunda</i> (Clustered Wax Flower)	800-1 200	September-December	Day-lengthening to 14 hrs	Second flower crop in autumn and winter
Strawberry	350 (cyclic; 15 min./hour)	From mid-January for 40 nights	8-9 (at night)	Earlier and larger crop by flower promotion
	200 (continuous)			
Tomato	6 000	October-February; first 2 weeks	Day-lengthening to 14-16 hrs	Earlier crops (2 weeks), more and better fruits
		next 2 weeks	14	
		thereafter	12	
<i>Friesia splendens</i>	6 000	November-February	8	Improving vegetative growth of

CALCULO DE UN COOLING SYSTEM

José F. Ballester-Olmos

1. Cantidad de agua a ser evaporada cada hora

$$M = r \cdot V (m_i v_i - m_e v_e)$$

Siendo: r = Número de renovaciones de aire por hora con el invernadero cerrado.
 V = Volumen del invernadero (m^3)
 m_i = Humedad relativa (en tanto por uno) deseada en el interior para una temperatura t_i ($^{\circ}C$)
 m_e = Humedad relativa (en tanto por uno) en el exterior para una temperatura t_e ($^{\circ}C$)
 v_i = Humedad absoluta saturante a t_i
 v_e = Humedad absoluta saturante a t_e

2. Número de renovaciones por hora $R = 45$ a 60 r.p.h.
3. Máximo separación entre extractores y panel húmedo = $\frac{3.600}{R}$
4. Distancia entre extractores = 6-7 metros
5. Potencia de extractores = 3-5 Watios por m^2 de superficie cubierta
6. Potencia del grupo motobomba = 2 CV (1'5 Kw) por cada $1000 m^2$ de superficie cubierta
7. Superficie de panel de humidificación = $0'36 m^2$ por cada $1000 m^3$ por hora de aire renovado.
8. Caudal de agua para humidificación del panel = 1 litro por m^2 de panel cada minuto.
9. Velocidad del aire estimada $v = \frac{Q}{S}$

siendo: v = velocidad del aire (m/seg)

Q = caudal de aire (m^3 /seg)

S = superficie del panel (m^2)

CALCULO DE UN COOLING SYSTEM. EJEMPLO

José Fco. Ballester Olmos

DATOS

Dimensiones del invernadero: Longitud: 80 m.

Anchura: 30 m.

Volumen: 9.080 m³

Temperatura externa: 32°C

Humedad relativa externa: 28%

Condiciones deseadas en el interior

Temperatura máxima: 25-28°C

Humedad relativa: 60-80%

CALCULO DE LOS EXTRACTORES

- Renovaciones por hora deseadas: 60

- Volumen del invernadero: 9.080 m³

- Volumen de aire a extraer por hora = 9.080 x 60 = 544.800 m³

- Separación máxima entre extractores = 6 m.

- Número de extractores = $\frac{80 \text{ m. (longitud invernadero)}}{6 \text{ m. (separación entre extractores)}} = \underline{14 \text{ extractores}}$

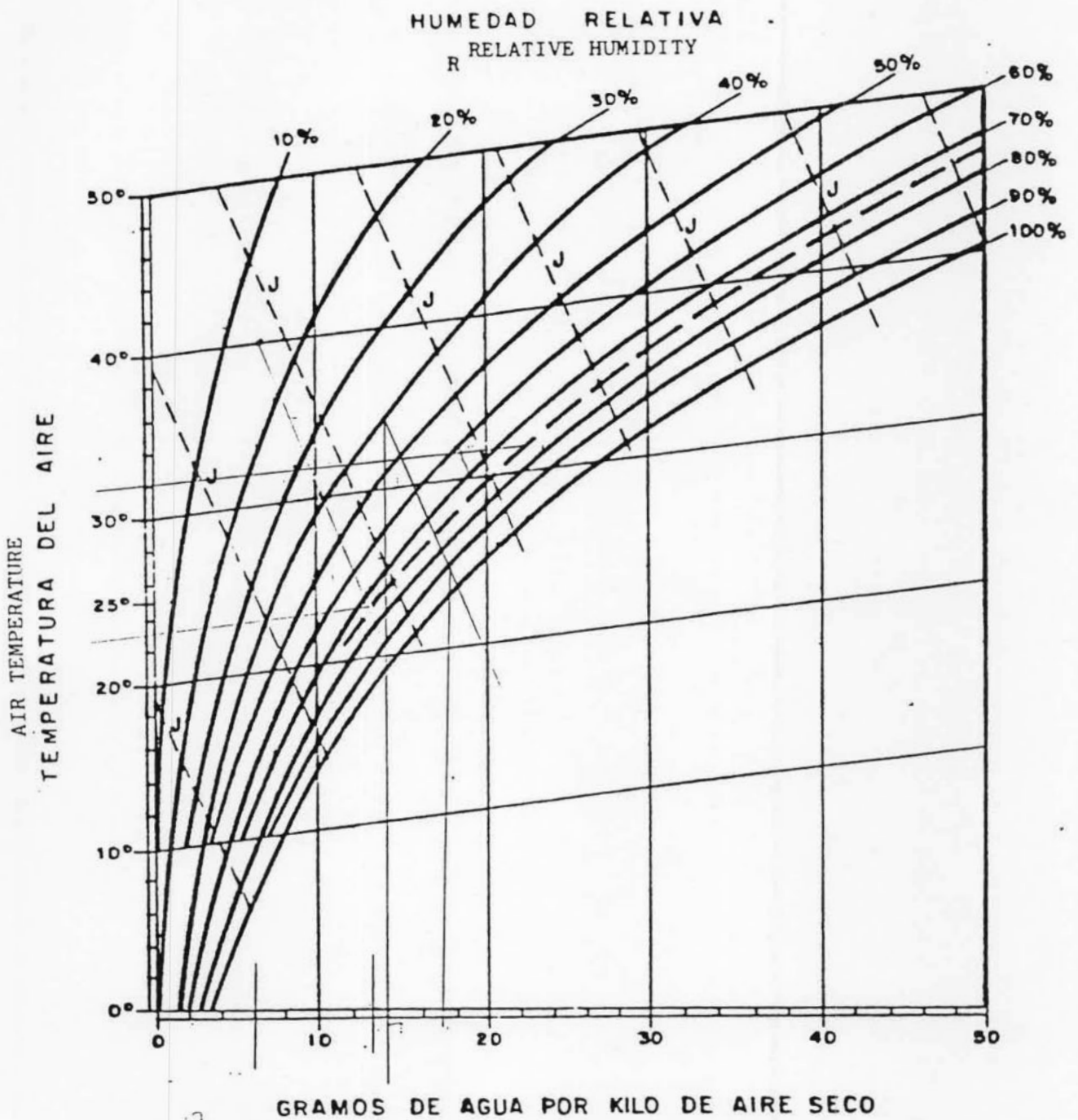
- Capacidad de cada extractor = $\frac{544.800 \text{ m}^3/\text{hora}}{14} = \underline{38.914 \text{ m}^3/\text{h}}$

- Potencia eléctrica de los extractores 3 a 5 watios por metro cuadrado de invernadero.

Superficie del invernadero = 2.400 m²

Potencia = 4 x 2.400 = 9.600 w = 9'6 kw

DIAGRAMA DE MOLLIER



17
142-
3

GRAMES OF WATER PER KILOGRAM OF AIR

13
6

VOLUMEN DE AGUA A EVAPORAR

(USAR EL DIAGRAMA DE MOLLIER)

- Según el diagrama, para un aire a 32°C (ordenadas) y 28% de humedad (curva correspondiente, interpolando) se tiene un contenido de 9'5 gr. de agua por kg. de aire seco (abcisas).
 - Las condiciones deseadas son:
 - temperatura máxima: $25-28^{\circ}\text{C}$
 - humedad relativa: 50-80%
 - Marcado en el ábaco el punto correspondiente a las condiciones en el exterior ($t = 32^{\circ}\text{C}$ y $\text{Hr} = 28\%$), trazamos a partir de ese punto una paralela a la línea isentálpica hasta la curva correspondiente a 80% de humedad.
 - Un punto que se halla dentro de las condiciones deseadas es el de $t = 25^{\circ}\text{C}$ y $\text{Hr} = 55\%$.
 - En esas nuevas condiciones el aire tiene un contenido en agua del orden de 11 gramos por kg. de aire seco (abcisas).
 - Por tanto: Volumen de agua a evaporar para conseguir las nuevas condiciones = $11 - 9'5 = 1'5$ gr. de agua por kg. de aire.
 - Volumen de aire intercambiado por hora = 544.800 m^3 (calculado anteriormente).
 - Densidad del aire = $1'293 \text{ kg/m}^3$.
 - Peso del aire intercambiado en una hora = $544.800 \times 1'293 = 708.240 \text{ kg}$.
 - Volumen de agua a ser evaporada por hora = $1'5 \times 708.240 = 1.062.360 \text{ gr} = \underline{1.062 \text{ litros}}$.
 - Caudal necesario estimado = 1 litro por metro cuadrado de panel por cada minuto = $1 \times 151'3 \text{ m}^2 \times 60 \text{ min.} = \underline{9.078 \text{ litros/hora}}$.
-

CALCULO DEL PANEL DE HUMIDIFICACION

- Máxima velocidad del aire aceptada = 1'5 m/seg.

Elegimos 1 m/seg.

$$- \boxed{Q = V \times S} \rightarrow \boxed{S = \frac{Q}{V}}$$

- Caudal de aire $Q = 544.800 \text{ m}^3/\text{hora} = 151'3 \text{ m}^3/\text{seg.}$

- Superficie de panel húmedo $S = \frac{151'3 \text{ m}^3/\text{seg}}{1 \text{ m/seg.}} = 151'3 \text{ m}^2$

- Dimensiones del panel: Longitud = 80 m. (long. invernadero)

$$\text{Altura} = \frac{151'3}{80} = \underline{1'90 \text{ m.}}$$

Grosor = 6 cm.

- Tipos recomendados: a) Panel de virutas.

b) Panel de celulosa tratada.

- En la práctica se dimensiona el panel a tenor de $0'36 \text{ m}^2$ de panel de viruta de pino por cada $1.000 \text{ m}^3/\text{hora}$ de aire renovado.

En este caso sería: $0'36 \text{ m}^2 \times 544'8 \text{ miles de m}^3/\text{hora} = \underline{196 \text{ m}^2 \text{ de panel.}}$

En una longitud de 80 m. nos resultaría una altura de $\frac{196}{80} = \underline{2'5 \text{ metros.}}$

HUMEDECIMIENTO DEL PANEL

- Se construirá un algibe subterráneo con autonomía para tres días.

- Consumo de agua del algibe (tres días):

a) Evaporación (10 horas por día) en el panel.

$$3 \text{ días} \times 10 \text{ horas/día} \times 1.062 \text{ litros/hora} = 31.860 \text{ litros.}$$

b) Otras pérdidas $\approx 200 \text{ l.}$

c) Total teórico = 32.000 litros.

$$\text{- Potencia de la bomba} \approx \frac{2 \text{ CV}}{1.000 \text{ m}^2 \text{ invernadero}} = 2 \times \frac{2.400 \text{ m}^2}{1.000 \text{ m}^2} \approx \underline{5 \text{ CV}}$$

- Caudal de la bomba, antes calculado = 9.087 litros/hora.

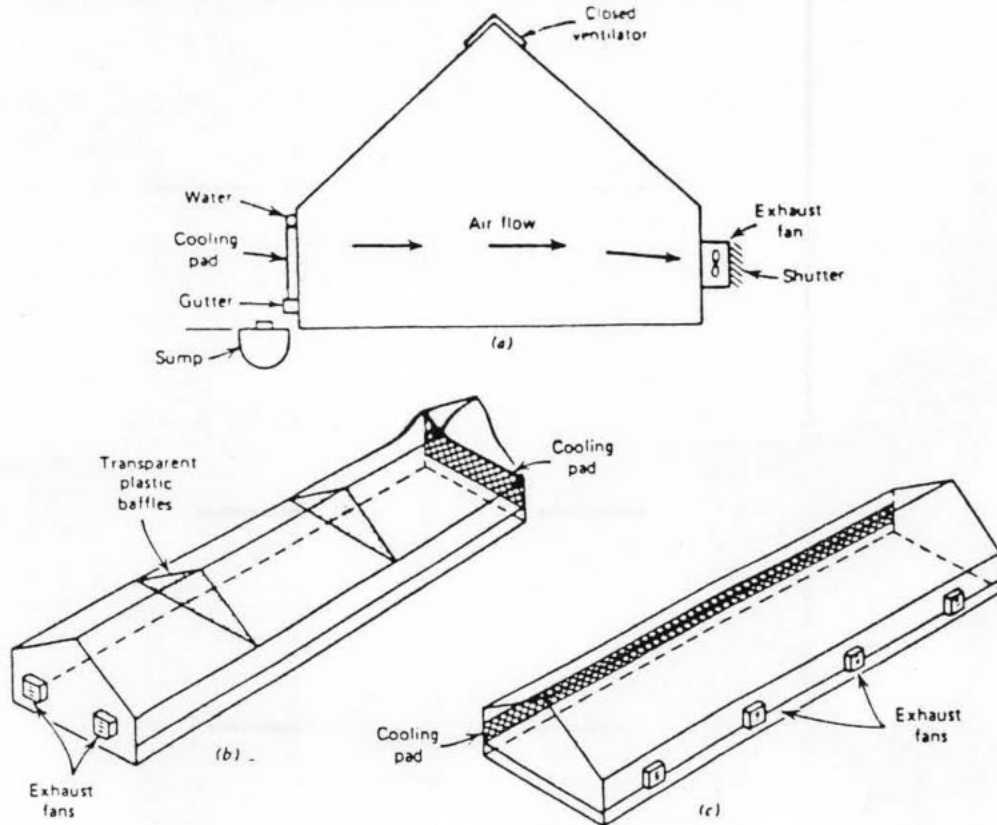


FIGURE 2.5 Fan and pad evaporative cooling system: (a) cross section of greenhouse with exhaust fans mounted on side wall and cooling pads on opposite side wall; note that overhead ventilators are closed; (b) perspective view of greenhouse with cooling pads and exhaust fans mounted on end walls; plastic baffles prevent cooled air from rising above plant growing zone; (c) perspective view of greenhouse with standard arrangement of cooling pads and exhaust fans on side walls; (d) details of vertical cooling pad; (e) details of horizontal cooling pad.

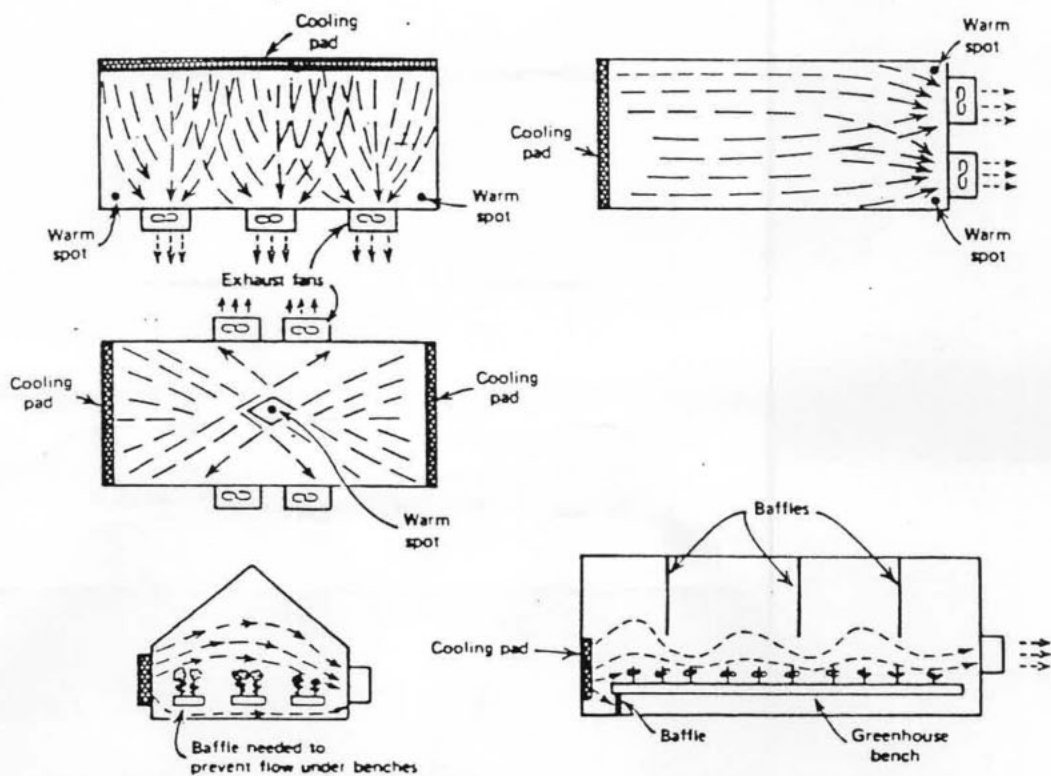


FIGURE 2.6 Patterns of air flow during operation of fan and pad cooling