

Sistemas de Producción de Manzana Semi-Intensivos (Sin Soporte) e Intensivos (Totalmente Soportados)

Predo Jotic, Senior Pomologist
Department of Primary Industries, Water and Environment
Tasmania, Australia

Introducción

En la situación actual de la producción comercial de manzanas existe una mayor tendencia al rápido cambio de variedades cultivadas, y más urgencia por la rápida adopción de nuevas variedades y sistemas de producción más rentables. Estas actividades se pueden llevar a cabo con más facilidad por medio de apropiada planeación, diseño y manejo de huertas de explotación intensiva.

Si se han tomado las medidas apropiadas con respecto a la localización de la huerta y a la preparación del sitio, entonces se tiene que considerar entonces la selección de un sistema de crecimiento adecuado que permita la obtención temprana de fruta de alta calidad en grandes volúmenes.

Diseño de Huertas y Consideraciones de Construcción

1. Objetivos principales

Productividad de frutales

- Rendimientos muy tempranos tienen un marcado impacto en las finanzas de una huerta
- Cosecha regular y maximizada durante la fase de plena producción.

Parámetros de calidad de la fruta

- Distribución de tamaños
- Color y terminado de la cáscara
- Condición – Mantenimiento de la calidad

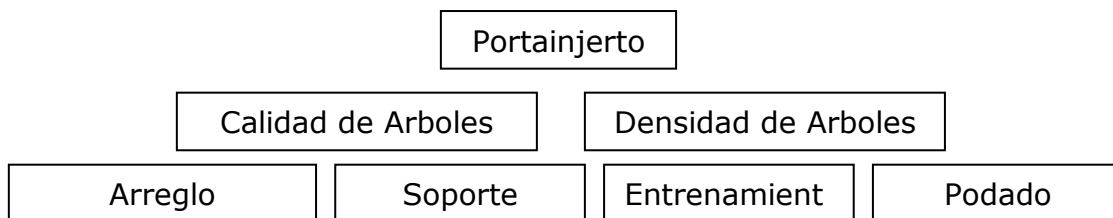
2. Planeación – Plantando y desarrollando el huerto

Después de tomar la decisión más importante con respecto a la variedad a cultivar, hay dos partes separadas en este proceso

- **Fase de preplantado y de establecimiento:** elección del portainjerto, calidad de árbol, densidad de árboles, arreglo de árboles, soporte de árboles.
- **Fase de desarrollo y manejo:** entrenamiento de árboles y podado.

Las decisiones tomadas en la fase de preplantado tienen, por mucho, un mayor impacto en el desempeño económico de la huerta que el manejo post-plantado de los árboles.

Las dos fases fundamentales del diseño de una huerta se basan en un cimiento formado por bloques críticos e interdependientes que constituyen los elementos de construcción de la huerta.



Existen un número de opciones para cada uno de los bloques indicados en la figura. Estas opciones deben ser seleccionadas e integradas de manera apropiada para conseguir un resultado exitoso. Estos son algunos ejemplos de selecciones incorrectas:

- Full spur Red Delicious/Mark plantado en 5 x 3m (666/ha) en un terreno muy débil (suelo superficial poco profundo, replantado) sin tutores.
- Standard Golden Delicious/M793 plantado en 3.5 x 1m (285/ha) en una zona de muy fuerte crecimiento (suelo profundo virgen y aluvial) con postes y espaldera de alambre.

Ambas plantaciones producirán pobres resultados, Spur Red Delicious debido a débil anclaje de las raíces y desarrollo muy bajo de la copa causando inadecuada interceptación de luz, mientras que Golden Delicious debido a demasiado crecimiento y sobrepoblación causando distribución inadecuada de la luz.

Estos puntos nos llevan a algunos principios clave en el diseño de huertas relacionados con todos los bloques constitutivos empleados en una nueva plantación.

3. Principios de Diseño de Huertas

La luz del sol es la fuente de energía responsable de producir materia seca para el desarrollo de los árboles y la producción de frutas. La producción de materia seca por el árbol está relacionada con la cantidad total de luz interceptada. Por esta razón

El primer objetivo en el diseño de huertas es conseguir una alta interceptación de luz.

Esto se ilustra claramente en la Figura 1, en donde la producción de frutas (ton/ha) en manzano es fuertemente influenciada por la cantidad (%) de luz interceptada por las copas de los árboles.

Principalmente el espaciado de los árboles, la relación o cociente entre el alto

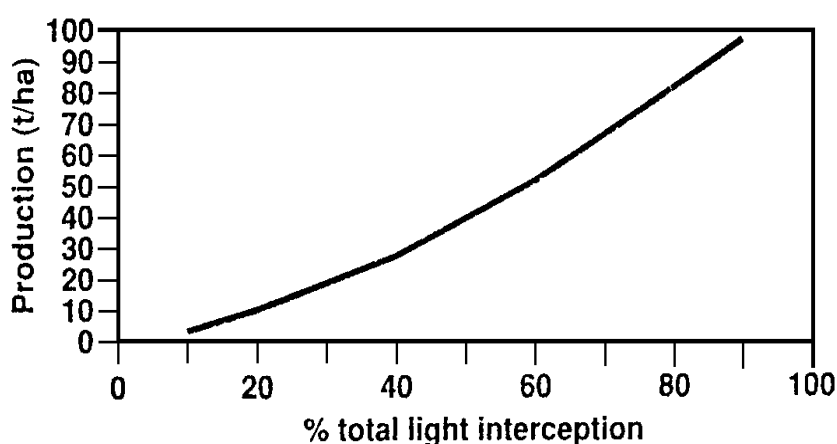
de los árboles y el ancho de las hileras, y hasta cierto punto la forma y alto de los árboles determinan la intercepción de luz.

En general, una alta densidad de árboles influencia grandemente el máximo rendimiento temprano. Esto es mejor que tratar de hacer que árboles muy espaciados crezcan rápido para llenar los espacios.

Si árboles de primera calidad, grandes y bien cultivados son plantados con corto espaciado, el área de captación solar alcanzará su máximo en 3-5 años.

Podemos escoger entre plantar o cultivar la superficie de dosel.

Figura 1: Representación esquemática de la influencia de la intercepción de luz en la producción de manzanas proveniente de estudios conducidos en muchas regiones del mundo (Lakso and Robinson, 1997)



Cuando se utilice espaciado mas corto se deben seleccionar portainjertos/tallos enanizantes. Portainjertos más débiles nos dan mas control sobre el tamaño del árbol en situaciones de espacio de huerta restringido.

El segundo objetivo del diseño de huertas es distribuir uniformemente la luz del sol a todos los puntos donde se encuentre fruta.

El color de la fruta, el tamaño, los sólidos solubles y el retorno de floración dependen de suficiente exposición localizada a la luz.

Durante la parte temprana de la vida de una huerta nos preocupamos por conseguir máxima intercepción de luz, pero conforme la huerta madura nuestra atención se debe cambiar a conseguir una buena distribución de luz dentro del dosel.

Una fracción de la luz disponible debe alcanzar el suelo de la huerta para asegurar buenos niveles de exposición en las partes bajas de la copa.

Como conclusión, el diseño de dosel optimo en un frutal se basa en formas de árbol y sistemas de podado que combinan rápido desarrollo del dosel y alta intercepción de luz con buena distribución de la luz captada.

4. Intercepción de luz en sistemas frutícolas

- Los máximos niveles reportados se encuentran entre el 60 y 70% a través de la vida de la huerta.
- La intercepción típica de la mayoría de las huertas es 40-65% dependiendo de la altura de los árboles y del ancho de las hileras. Plantaciones enanas usualmente alcanzan bajos valores en su madurez.
- Relativamente baja intercepción de luz en huertas se debe principalmente a discontinuidades en el área de dosel, no a que los doseles estén demasiado abiertos. Hileras y callejones para tractores producen grandes desperdicios de luz.

- **Efecto de la altura de los árboles**

Árboles de mayor altura siempre incrementan la intercepción de luz, especialmente cuando existen grandes discontinuidades en el dosel total.

El tamaño de los árboles y su arreglo tienen menor importancia en huertas con mayor continuidad en el dosel.

Independientemente del efecto del espaciado entre hileras, árboles más grandes de 3m tendrán pobre distribución de la luz en las secciones bajas del dosel debido a su propia sombra.

La intercepción es proporcional al área de suelo cubierta por el árbol y al alto del dosel en relación con el área libre de hilera.

Existen varios métodos para calcular la altura optima de un árbol para obtener intercepción optima de luz:

- ✓ Formula US:
Altura del árbol = hilera libre x 2
- ✓ Formula Alemana
Altura del árbol = ancho de hilera / 2 + 1m
- ✓ Formula New York:
Altura del árbol = ancho de hilera x 0.75

- **Efecto del ancho del árbol**

La intercepción de luz depende mas de los elementos horizontales de tamaño del árbol que de los verticales.

Reducir el tamaño de las hileras es una mejor estrategia para incrementar la intercepción de luz que incrementar la altura de los árboles.

Las pruebas realizadas por el Departamento de Industrias Primarias de Queensland (QDPI) en Stanthorpe determinaron que incrementar la altura de 2.8 a 4.3 m mejora la intercepción de luz solamente en un 6-10% mientras que si se reduce el ancho de la hilera de 6 a 4 m, la intercepción de luz se incrementa en un 14-21%.

Muchas plantaciones enanas tienen baja captación de luz debido al uso de anchas hileras para tractores.

Es preferible usar el espacio entre hileras mínimo y tener que utilizar equipo angosto que plantar muy separado para permitir que quepan tractores.

- **Orientación de las hileras** – varía con la hora del día, día del año, latitud y geometría de la huerta.

De acuerdo con el estudio QDPI en Stanthorpe, hileras orientadas norte-sur son más deseables que hileras orientadas este-oeste. A pesar de que las hileras E-O interceptan más luz en el verano tardío y otoño temprano, esta orientación presenta más problemas en árboles altos, hileras angostas y doseles densos.

- **Densidad del dosel**

El incremento en la densidad de árboles en una huerta tiene un efecto positivo más directo en la intercepción de luz que el incremento en la densidad del dosel.

La mejor opción es tener muchos árboles por hectárea con doseles relativamente abiertos. Esto optimizará tanto la intercepción de luz como su distribución en el dosel.

5. Forma del árbol y distribución de la luz

Los manzanos son muy dóciles a las modificaciones mediante el uso de tutores y poda. Existe una gran cantidad de formas de árbol, arreglos de plantación, alturas de árbol, anchos y formas geométricas. Su aplicación depende en la eficiencia de producción de la huerta y en la distribución de luz.

Existen cinco formas de árbol básicas:

- ✓ Cono
- ✓ Cubo
- ✓ Pared de árboles rectangular
- ✓ Doseles planos V ó Y
- ✓ Doseles de techo plano ó T

- **“El factor limitante más importante en la producción de frutas es la sombra que el árbol proyecta sobre si mismo”.**

La luz penetra aproximadamente 1m en los doseles, por lo que doseles muy gruesos tienen una inadecuada distribución de luz.

El mejor rendimiento y calidad viene de tener muchos doseles angostos.

- La distribución de luz puede mejorarse de dos maneras, primero por medio de la creación de muchas pequeñas aperturas en el follaje – doseles “esponjosos” con formas naturales de árbol, y segundo creando unas cuantas aperturas permanentes grandes en árboles con formas geométricas restringidas (doseles Y ó V).

El primer método requiere altos niveles de entrenamiento, mientras que el segundo implica altos costos causados por los sistemas de soporte y la mano de obra.

- **Árboles con copa redonda**

En estos árboles, una importante sección del árbol (las secciones baja y central) se encuentra sub-iluminada.

30% del total de la luz solar se encuentra por debajo del límite inferior de luz deseado en doseles de manzano.

En doseles anchos, los niveles de luz caen a 30% dentro de un metro de la superficie.

Con un decremento en el tamaño de los árboles viene un decremento en el área intensamente sombreada en el dosel. El área de hojas por árbol decrece, sin embargo el área de hoja por hectárea y el rendimiento se incrementan.

- **Árboles con forma de pirámide**

Los árboles con forma de cono están mejor diseñados para tener una buena distribución de luz que los árboles con forma rectangular de idéntica altura y ancho de la base. Retirar y reposicionar algunas ramas en árboles maduros fácilmente mantendrán doseles abiertos.

- **Doseles angostos y planos restringidos**

Este grupo incluye hileras angostas pegadas, paredes de árboles, y espalderas Ebro, A, V y T.

Los conceptos V y Y han producido buenos resultados con manzanas. Lo mismo aplica a doseles delgados verticales que reciben buena exposición a la luz en ambos lados de la pared.

Con doseles angulados como el Tatura y algunas variaciones de eje “V” las ramas están usualmente concentradas en un plano delgado. Intenso sombreado sin embargo puede ocurrir inclusive con paredes de 0.5m

especialmente en el lado “de abajo” del perfil V. Cuidadoso raleado de las ramas y la provisión de una buena ranura por encima de la hilera para el tractor pueden minimizar el sombreado.

6. Podado

En huertas de explotación intensiva se depende de mínima poda y posicionamiento de ramas para inducir la producción de fruta. Esto se lleva a cabo durante las fases tempranas del desarrollo de una huerta.

Los andamios para soporte de escaleras son débiles y totalmente soportados por las espalderas.

Intenso podado durante los primeros años de desarrollo de un árbol producirán excesivo crecimiento vegetativo y retrasaran la cosecha (Tabla 1).

Tabla 1 Efecto de la severidad del podado en el florecimiento y frutado de secciones de rama de manzana Delicious (Barden et al., 1989)

Severidad de Podado#	Numero de brotes de flor	Numero total de grupos de flores	Numero total de fruta
0	30.4	54.2	21.2
1	23.1	38.6	14.1
2	14.9	33.4	11.2
3	3.7	14.4	3.1

0 = no podado, 1 = cortado hasta el punto medio del crecimiento terminal de la temporada pasada, 2 = cortado 5 mm debajo del origen del crecimiento terminal de la temporada pasada, 3 = cortado hasta el punto medio de una sección de crecimiento terminal de dos años.

Los datos son el promedio del podado de verano y de dormancia correspondientes a cinco portainjertos.

7. Portainjertos

Para producir árboles productivos tenemos que compatibilizar los portainjertos con la variedad, el espaciado, los sistemas de entrenamiento y las condiciones de crecimiento.

Altas densidades de árboles, sistemas de baja altura, y variedades más vigorosas necesitan mas portainjertos enanizantes – M9, Bud 9, M26, G16, CG202.

Algunos portainjertos de tamaño mediano (M7, MM106, MM111) pueden ser usados en sistemas mas altos, terrenos débiles y variedades de poco vigor. Su manejo y control en sistemas de explotación intensiva es posible pero muy difícil.

8. Calidad de árboles de Vivero

Como se indicó antes, un pre-requisito clave para la creación de huertas exitosas de explotación intensiva y semi-intensiva, es el uso de material de plantado de alta calidad. La mayoría de los parámetros de calidad descritos a continuación puede conseguirse por medio del cultivo de árboles de dos años injertados en vivero.

- Correcta variedad y selección
- Libre de virus conocidos
- Altura mínima del árbol por encima del injerto de 1.6m
- Diámetro mínimo del tronco a 10 cm por encima del injerto de 1.4 cm
- El injerto debe encontrarse a 15-20 cm por encima del nivel del suelo
- Longitud mínima de las raíces principales debe ser 25 cm
- Mínimo de seis a ocho "plumas" homogéneamente distribuidas alrededor del tallo del árbol comenzando a 80 cm por encima de la unión del injerto.

Resumen

En los sistemas modernos de diseño de huertas, la correcta combinación de los elementos de construcción clave – portainjerto, densidad de árboles, arreglo de los árboles, soporte de los árboles, calidad de los árboles, entrenamiento y podado, puede producir altos niveles de producción temprana y fruta de alta calidad.

Para conseguir estos objetivos es necesario:

- Usar árboles de vivero de alta calidad
- Plantar altas densidades de árboles
- Usar portainjertos enanizantes eficientes
- Adoptar un sistema moderno basado en podado mínimo
- Alcanzar la máxima interceptación de luz 60-70% para el año 3-4

Estos objetivos pueden ser alcanzados utilizando diferentes sistemas de crecimiento

Sistema Intensivo

Tall Spindle

Sistemas de entrenamiento de árboles en una sola fila "Tall Spindle" con



portainjertos M9 han sido usados exitosamente por productores frutícolas italianos en la región sur del Tirol.

Uno de los factores más importantes detrás de huertas de excelencia es el uso de árboles de vivero de muy alta calidad. Los productores italianos solo aceptan árboles injertados de dos años "knip" para sus nuevas plantaciones "Tall Spindle". Los árboles tienen una altura de 1.8 m y diez a quince "plumas" distribuidas a lo largo del líder comenzando a 80 cm sobre el nivel del suelo.

Todas las "plumas" están amarradas hacia abajo por debajo de la horizontal durante la primera temporada después de plantados para estimular el desarrollo de yemas de fruta y minimizar el crecimiento de extensión. Durante los primeros tres años, un mínimo podado hace a los árboles excelentes productores de fruta, solo las ramas largas son removidas.

En este tipo de arreglo, la altura de los árboles se ha levantado hasta 3.3 m con muy buenos resultados. Un incremento de un metro en la altura del árbol desde dos hasta tres metros incrementa la producción de fruta en un 25-30%.

La parte superior del arbusto tiene un perfil de diente de sierra que permite buena distribución de la luz. Raleado periódico de los miembros a lo largo del miembro central también mantiene bien iluminado el dosel del árbol.

El sistema "Tall Spindle" plantado a 3 x 0.9m (3700 árboles/ha) puede producir 17 Ton en el segundo año, 37 Ton en el tercero y 56 T por año después del tercer año.

Plantaciones semiintensivas en portainjertos de vigor medio

Variedades de intensa producción como Gala, Golden Delicious y Spur Red Delicious pueden ser manejadas razonablemente bien en huertas de mediana densidad con 800-1600 árboles/ha.

Algunas plantaciones muy exitosas empleando portainjertos de vigor medio MM106 y MM111 soportadas por un simple poste y espalderas de alambre han sido desarrolladas en Nueva Zelanda y Australia.

Si decidimos plantar sistemas de media densidad que se soporten solos entonces tenemos que considerar algunos retos en el manejo de la huerta. En sistemas intensivos las espalderas cargan la mayor parte del peso de la fruta, mientras que en sistemas sin soporte, debemos desarrollar un árbol fuerte que tome el trabajo de las espalderas. Es simplemente una cuestión financiera el determinar si se justifica el esfuerzo para ahorrar en el costo de las espalderas.

Árboles sin soporte requieren de portainjertos más fuertes para conseguir mejor anclado de las raíces y un cierto nivel de fortalecimiento del tronco para desarrollar una estructura rígida. Esta opción de desarrollo de un huerto resultará en un retardo en la producción de fruta.

Eje Vertical "French Axe"

Este tipo de árbol puede ser usado en un amplio rango de densidades de árbol (800-2500 árboles/ha) y alturas (3-5 m), dependiendo del vigor del portainjerto y del tipo de espalderas empleadas.

Este tipo de árbol tiene un líder dominante en el centro y muchas ramas más débiles productoras de fruta comenzando a 0.7-1m sobre el nivel del suelo. Se permite que el dosel adquiera la forma natural de un árbol, usualmente la forma de una pirámide. Inicialmente el podado se limita al mínimo, seguido posteriormente de un podado periódico que permita el recambio de ramas productoras de fruta y mantenga una estructura abierta del dosel. Ramas que interfieran o compitan con el líder central son removidas.

Existen algunas variaciones del Eje V. Los tipos más comunes de variaciones son un árbol natural con mas forma de columna y la forma clásica de pirámide con una base más ancha establecida con mas miembros permanentes localizados cerca de 1m por encima del suelo. Esta ultima variante, es una combinación de un arreglo "formal" de líder al centro con varios miembros permanentes en la base y un Eje V en la parte alta. El líder central esta orientado al momento de plantado para formar un grupo permanente de ramas.

El Eje Vertical es un método razonablemente fácil de entrenamiento de árboles que puede conducir rendimientos sorprendentes en portainjertos de vigor medio y terrenos de vigor medio-bajo.

Solaxe

Solaxe es otra forma de árbol con líder central desarrollada en Francia por J. Lespinasse en el INRA Bordeaux. Este método de entrenamiento es popular en Francia y en Chile. Los productores de manzanas Chilenos prefieren un árboles Solaxe tipo columna mas que árboles Solaxe tipo pirámide Eje V debido a que el primero permite mas espacio libre entre hileras para introducir maquinaria. Esto también tiene ventajas en lo referente a entrenamiento de miembros para control de vigor y distribución de luz.

El árbol tiene un líder central dominante y quince a veinte miembros productores de fruta renovables distribuidos homogéneamente a lo largo del líder de 4-5 m de altura, comenzando cerca de 1.2-1.5m sobre el nivel del suelo. Los miembros se doblan hacia abajo con alambre en un ángulo de 120 grados con respecto a la vertical para controlar el vigor e inducir la producción de fruta. El peso de la fruta mantiene las ramas en posición.

Los miembros productores de fruta se podan con detenimiento. Todos los brotes en la parte superior e inferior de cada miembro se cortan dejando un abanico horizontal de estructuras productoras de fruta con forma de "dedos". Brotes y hojas alrededor del líder central (40-60 cm de radio) se remueven para crear un "túnel de luz" bajando en el centro del dosel para mejorar la distribución de luz.

En el valle central de Chile, Gala/MM106 plantada a 4.5x2.5 m y entrenada en

Solaxe promedia 50-60 Ton/ha y en plantaciones experimentales la producción de fruta ha llegado a alcanzar las 90 Ton/ha.

Si decidimos plantar una huerta semiintensiva sin soporte utilizando portainjertos de vigor medio, deberíamos considerar suelos más débiles, un tallo con buen anclado, mínimo podado y algo de posicionamiento de miembros durante la fase de establecimiento.

Otras medidas extra de control del vigor pueden ser empleadas, remoción de corteza del tronco, podado de raíces, uso de ethephon y algunos reguladores del crecimiento nuevos.

Literatura citada

Apple Orchard Systems, 2003. IDFTA, Compact Fruit Tree Vol.36. Special Issue June 2003.

Barritt B.H., 1998. Apple varieties and orchard systems - Success through change. *19th Annual Batjer Lecture, Washington State Horticultural Association, Yakima, WA*

Barritt B.H., 2005. The Tall Spindle orchard systems suitable for rising expectations in the dynamic global industry. *Apple and Pear Conference, Melbourne, August 2005.*

Jotic P., Oakford M., 2004. Intensive Apple Growing Systems. Horticulture Australia Project AP98022 (Final Report). July 2004.

Middleton S.G., McWaters A.D., 2001. Increasing the yield and fruit quality of Australian apple orchards. *Horticulture Australia Project AP97010 (Final Report). October 2001.*

Robinson T.L., 1993. Choosing an orchard planting system for improved yield and fruit quality. *New York Fruit Quarterly Vol. 1 No. 2, 1993*

Robinson T.L. 2003. High density orchards techniques and economics. *Apple and Pear Conference, Hobart, September, 2003.*

Tustin D.S., 1997. Managing tree structure for fruit quality. ANFIC '97, Stepping into the future, Penrith, NSW.

Traducción: Dr. David R. Sepulveda.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

Free Standing Semi-Intensive and Fully Supported Intensive Apple Production Systems

Predo Jotic, Senior Pomologist
Department of Primary Industries, Water and Environment
Tasmania, Australia

Introduction

In the current apple production business environment there is a greater tendency for more rapid turnover of varieties, more urgency to faster adopt new and more profitable cultivars and production systems. This task is easier with properly planned, designed and managed intensive orchard plantings.

If we have taken the right steps in site selection and site preparation then we have to consider an appropriate growing system which will deliver early and high fruit production and quality.

Orchard Design and Development Considerations

1. Main aims

Fruit productivity

- Very early yields have a marked impact on orchard economics.
- Maximum and regular crop at the full production phase.

Fruit quality parameters

- Size distribution
- Colour and skin finish
- Condition - keeping quality

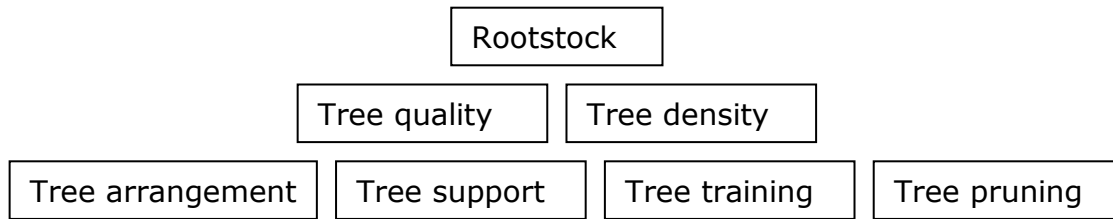
2. Planning - planting and development

Following a major decision on the choice of variety there are two separate stages in this process

- **Preplant and establishment phase:** choice of rootstock, tree quality, tree density, tree arrangement, tree support.
- **Development and management phase:** tree training and pruning.

The preplant decisions have, by far, the greater impact on orchard economic performance than post-plant tree management.

The two main phases of orchard design and development are superimposed over a foundation of critical, interdependent, carefully linked orchard building components.



There are a number of choices for each of the principal building blocks listed here. They must be properly put together - integrated to deliver a successful outcome. These are some of the examples of incorrect options:

- Full spur Red Delicious/Mark planted at 5 x 3m (666/ha) on a very weak site (shallow topsoil, replant) without trellis.
- Standard Golden Delicious/M793 planted at 3.5m x 1m (2857/ha) in a very strong growing location (virgin deep alluvial soil) with post and wire support.

Both plantings will produce poor results, Spur Red Delicious due to a weak root anchorage and very low canopy development - inadequate light interception and Golden Delicious through extreme vigour and overcrowding - unsatisfactory light distribution.

These points lead us to some key principles of orchard design which will touch on all the main building components in a new planting.

3. Principles of Orchard Design

Sunlight is the energy source which produces dry matter for tree development and fruit production. Dry matter manufacture by the tree is related to total light interception. For this reason

The first objective in orchard design is to achieve high light interception.

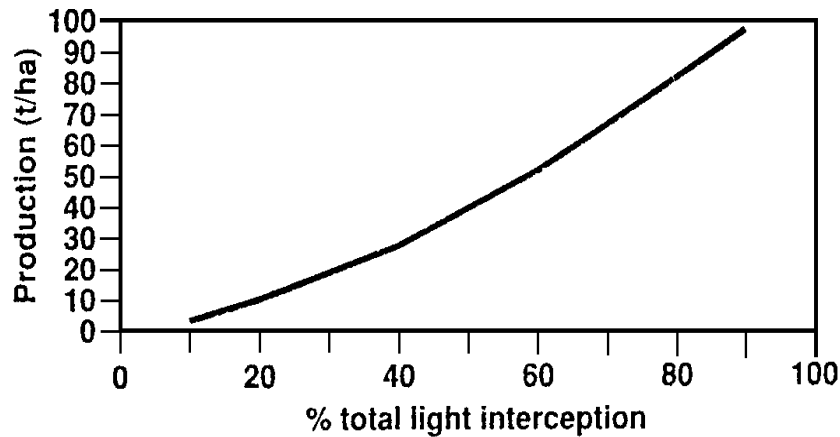
This is clearly illustrated in Figure 1, where fruit production (t/ha) in apples is heavily influenced by the extent (%) of light interception by orchard canopy.

Tree spacing, in particular, tree height/alley width ratio and to an extent tree shape and height determine light interception.

In general, high tree densities greatly influence maximum early yield. This is better than attempting to grow widely spaced trees rapidly to fill the space.

If top quality, large, well-feathered trees are planted at close spacing then the orchard canopy will reach maximum light interception in 3-5 years. **We can choose to plant or grow the canopy.**

Figure 1: Schematic representation of the influence of light interception on apple production for studies conducted at many world locations (after Lakso and Robinson, 1997)



At closer spacings we must use dwarfing stocks. Weaker rootstocks give us more control over tree size in restricted orchard space.

The second objective of orchard design is to uniformly distribute sunlight to all fruiting sites.

Fruit colour, size, soluble solids and return bloom all depend on sufficient localised light exposure.

During the early part of orchard life we are preoccupied with maximum light interception, but as the orchard matures the focus should be on good light distribution within the canopy.

A portion of the available light must hit the orchard floor to provide good levels of light exposure to the lower sections of the canopy.

So the optimum fruit tree canopy design is based on tree forms and pruning systems that combine fast canopy development and high light interception with good light distribution.

4. Light interception in orchard systems

- The usual maximum levels reported are around 60-70% over the orchard lifetime.
- More typical interception for most orchards is 40-65% depending on tree height and alleyway width. Dwarf plantings often achieve low figures at maturity.
- Relatively low light interception in orchards is largely due to the discontinuity of orchard canopy and not because the tree canopies are too open. Tractor alleyways can waste a lot of light.

- **Effect of tree height**

Increased tree height always increases light interception, particularly at greater canopy discontinuity.

Tree size and tree arrangement assume less importance within a more continuous orchard canopy.

Independent of between-row spacing effect on shading, trees taller than 3m will have less than optimum light distribution in the lower sections of the canopy due to self-shading.

Interception is proportional to area of ground covered by the tree and the hedge height in relation to clear alleyways.

There are several methods of calculating optimum tree height for optimum light interception:

- ✘ US formula:
Tree height = clear alleyway x 2
- ✘ German formula:
Tree height = Row spacing ÷ 2 + 1m
- ✘ New York formula:
Tree height = Row spacing x 0.75

- **Effect of tree width**

Interception is more dependent on the horizontal than vertical elements of tree size.

Decreasing tractor alleyway is a better approach to improve interception than to increase tree height.

The trials conducted by the Queensland Department of Primary Industries (QDPI) at Stanthorpe determined that increasing tree height from 2.8 to 4.3m improved light interception only be 6-10%. On the other hand, if alley width was reduced from 6 to 4m light interception was raised by 14-21%.

Many dwarf plantings have low light interception due to wide tractor alleys.

It is better to adopt the minimum between-row spacings and use narrow equipment than to plant too far apart to accommodate big tractors.

- **Row orientation** - varies with time of day, and year, latitude and orchard geometry.

According to the QDPI, Stanthorpe study, north-south row direction is more desirable than east-west rows. Although E-W rows intercept more light in late summer/early autumn, they show more problems in tall trees, narrow alleyways and dense leaf canopies.

- **Canopy density**

Increase in tree density has a more direct positive effect on light interception than the increase in leaf density.

The best option is to have many trees per hectare each with relatively open canopies. This will optimise both light interception and distribution.

5. Tree form and light distribution

Apple trees are very amenable to modifications by training and pruning. There is an array of tree forms, planting arrangements, tree heights, widths and geometric shapes. Their application is dependent on orchard production efficiency and light distribution.

There are five basic tree shapes:

- ✘ Cone
- ✘ Cube
- ✘ Rectangular tree wall
- ✘ V or Y planar canopies
- ✘ T or flat top canopy

- **“The major limiting factor in fruit production is the shade the tree casts on itself”.**

Light penetrates about 1m into canopies, so thick canopies have inadequate light distribution.

The best yield and quality come from many thin canopies.

- The light distribution can be improved by two approaches, first by creating many small openings in the foliage - loose textured canopies in natural tree forms, and second by providing fewer large, permanent openings in restricted geometric shapes (Y & V hedgerows).

The first method demands high levels of skills, while the second requires high cost for expensive supports and labour.

- **Round crown trees**

In these trees a large proportion (low and central sections) of tree canopy are under-illuminated.

30% of full sunlight is below the lower limit of desired light level in apple canopies.

In thick canopies levels drop to the 30% within 1m of outer edge.

With the decrease in tree size there is a decrease in the heavily shaded area of the canopy. Per tree leaf area decreases but per hectare leaf area and yield increases.

- **The pyramid shaped tree**

Cone shaped trees are better suited to good light distribution than rectangular trees with identical height and basal width. Some limb removal and repositioning in mature trees will easily maintain open tree crowns.

- **Thin restricted plan canopies**

This group includes thin narrow hedgerows, tree walls, Ebro, A, V and T trellises.

V and Y concepts have produced good results with apples. The same applies to thin vertical canopies which receive good light exposure on both sides of the wall.

With angled canopies like Tatura and some 'V' Axe variations limbs are usually concentrated in a thin plane. Heavy shading can occur even within a 0.5m wall particularly on the underside of the V profile. Careful limb thinning and the provision of a good gap above the tractor alleyway can minimise shading.

6. Pruning

In intensive orchards we rely on minimal pruning and limb positioning to induce fruiting. This is practised during the early phase of orchard development.

The tree scaffold framework is weak and is fully supported by trellis.

Heavy pruning during the early years of tree development will produce excessive vegetative growth and delay cropping (Table 1).

Table 1

Effect of pruning severity on flowering and fruiting on limb sections of 'Delicious' apple (from Barden et al., 1989)

Pruning severity#	Number spurs flowering	Total number flower clusters	Total fruit number
0	30.4	54.2	21.2
1	23.1	38.6	14.1
2	14.9	33.4	11.2
3	3.7	14.4	3.1

0 = unpruned, 1 = cut to midpoint of past season terminal growth, 2 = cut 5mm below origin of past season terminal growth, 3 = cut to midpoint of 2-year-old section of terminal growth.

Data are means for summer and dormant pruning across five rootstocks.

7. Rootstocks

To achieve productive hedgerows we have to match rootstock with variety, spacing training system and growing conditions.

High tree densities, low height systems and more vigorous varieties need more dwarfing rootstock types - M9, Bud 9, M26, G16, CG202.

Some medium size stocks (M7, MM106, MM111) can be applicable for taller systems, weak locations and low vigour varieties. Their management in intensive plantings is possible but very challenging.

8. Nursery Tree Quality

As stated earlier, high quality planting material is a key pre-requisite for successful intensive and semi-intensive orchards. Most of the following quality parameters can be best achieved by raising benchgrafted two year old nursery trees.

- True to variety and selection
- Free of known viruses
- Minimum tree height of 1.6m above the graft union
- Minimum trunk diameter of 1.4cm at 10cm above the graft union
- The graft union must be positioned at 15-20cm above ground
- Minimum length of main roots should be 25cm
- Minimum of six to eight feathers evenly distributed around the tree stem starting at 80cm above the graft union.

Summary

In modern orchard designs the right combination of the key building blocks - rootstocks, tree density, tree arrangement, tree support, tree quality, training and pruning, can produce early and high production and fruit quality.

To achieve these goals we need to:

- Use high quality nursery trees
- Plant high tree densities
- Use efficient dwarfing stocks
- Adopt a modern tree system based on minimal pruning
- Achieve the maximum 60-70% light interception by year 3-4.

These objectives can be achieved by a number of growing systems.

Intensive System

Tall Spindle

Single row "Tall Spindle" tree training system on M9 rootstock has been very successfully implemented by Italian fruit growers in South Tyrol.

One of the over-riding factors behind excellent orchard results are very high quality nursery trees. Italians only accept two year old benchgrafted "knip" (cut) tree for new plantings – "Tall Spindle". The trees are 1.8m high and have ten to fifteen feathers spread along the leader starting at 80cm above ground.

All feathers are tied down below horizontal during the first season after planting to stimulate fruit bud development and minimise extension growth. During the first three years minimal pruning makes the tree very fruitful, only large branches are removed.

In this type of hedgerow the tree height has been raised to 3.3m with very good results. One metre increase in tree height from two to three metres can raise fruit production by 25-30%.

The top of the hedgerow has sawtooth profile allowing good light distribution. Regular limb thinning along the centre leader also maintains well illuminated tree canopy.

The "Tall Spindle" planted at 3 x 0.9m (3700 trees/ha) can produce 17t in year two, 37t in year 3 and 56t in year 4 and thereafter.

Semi-intensive plantings on medium vigour rootstocks

Fruitful varieties like Gala, Golden Delicious and Spur Red Delicious can be quite effectively managed in medium density orchards with 800-1600 trees/ha.

Some very successful plantings on medium size stocks MM106 and MM111 supported by a simple post and wire trellis have been established in New Zealand and Australia.

If we choose to plant self-supporting medium density systems then we are going to create some management challenges. In intensive hedgerows the trellis carry most of the crop weight, while in free standing trees we must develop a strong tree frame to take place of the trellis. It is a matter of orchard economics to establish if it is justified to save on the trellis cost.

Free standing trees require stronger stocks for good root anchorage and some degree of tree heading to develop a rigid tree structure. This approach to orchard development will result in delayed fruiting.

Vertical Axis – "French Axe"

This tree type can be adopted over a range of tree densities (800-2500 trees/ha) and hedgerow heights (3-5m) depending on stock vigour and type of tree trellis.

The tree has a dominant single centre leader and many weaker fruiting branches starting at 0.7-1m above the ground. The canopy is permitted to assume a natural tree form, usually a pyramid. Initially minimal pruning is practised and then followed by regular fruiting limb replacement to maintain an open tree canopy. Low, crowing and side branches competing with the centre leader are removed.

There are a few V. Axis variations. The most common types are a natural, more columnar tree shape and a classical pyramid form with a wider base established with more permanent limbs at around one metre above the ground. The latter form is a combination of a 'formal' centre leader set of permanent limbs at the base and V. Axis on top. Centre leader is headed at planting to form a permanent set of branches.

Vertical Axis is a fairly simple tree training method which can deliver impressive yields on medium stocks and low to medium vigour locations.

Solaxe

Another centre leader tree from France developed by J Lespinasse at INRA, Bordeaux. The training method is popular in France and Chile. The Chilean apple growers prefer a 'columnar' shape Solaxe to a more pyramid V. Axis tree because it allows more free space between rows for orchard machinery. Also there are advantages in limb training for vigour control and light distribution.

The tree has a dominant centre leader and fifteen to twenty renewable fruiting limbs evenly distributed along the 4-5m tall leader starting at 1.2-1.5m above ground. The limbs are bent down with a wire to 120 degrees from vertical to control vigour and induce fruiting. The fruit load keeps the branches in place.

The fruiting limbs are pruned in detail. All the shoots on top and underside the limb are pruned off leaving horizontal fan shaped ("fingers") fruiting structures. Shoots and leaves 40-60cm around the centre leader are removed to create a "light tunnel" down the centre of the tree canopy to assist with light distribution.

In Chile's Central Valley, Gala/MM106 planted at 4.5x2.5m and trained on Solaxe averaged 50-60t/ha and in experimental plantings fruit production reached 90t/ha.

If we decide to plant a free standing semi-intensive orchard on medium vigour rootstocks, we should consider weaker soils, productive stocks with good anchorage, minimal pruning and some limb positioning during the establishment phase.

Further vigour control measures can be put in place, ie trunk girdling, root pruning, ethephon sprays and some emerging growth regulators.

Literature cited

Apple Orchard Systems, 2003. IDFTA, Compact Fruit Tree Vol.36. Special Issue June 2003.

Barritt B.H., 1998. Apple varieties and orchard systems - Success through change. *19th Annual Batjer Lecture, Washington State Horticultural Association, Yakima, WA*

Barritt B.H., 2005. The Tall Spindle orchard systems suitable for rising expectations in the dynamic global industry. *Apple and Pear Conference, Melbourne, August 2005.*

Jotic P., Oakford M., 2004. Intensive Apple Growing Systems. Horticulture Australia Project AP98022 (Final Report). July 2004.

Middleton S.G., McWaters A.D., 2001. Increasing the yield and fruit quality of Australian apple orchards. *Horticulture Australia Project AP97010 (Final Report). October 2001.*

Robinson T.L., 1993. Choosing an orchard planting system for improved yield and fruit quality. *New York Fruit Quarterly Vol. 1 No. 2, 1993*

Robinson T.L. 2003. High density orchards techniques and economics. *Apple and Pear Conference, Hobart, September, 2003.*

Tustin D.S., 1997. Managing tree structure for fruit quality. ANFIC '97, Stepping into the future, Penrith, NSW.