

# 未来苹果栽培模式展望

Terence Robinson<sup>1</sup>, Steve Hoying<sup>1</sup>, Mario Miranda Sazo<sup>2</sup>, Alison DeMarree<sup>2</sup> and Leo Dominguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>美国康奈尔大学园艺系，纽约州农业试验站；<sup>2</sup>美国康奈尔大学安大略区果树合作推广站

“未来果园树高 3.0-3.3 米，树冠窄薄成篱壁型，便于采用机械侧壁修剪以降低人工成本，还可以提高果实品质，并且使用机械辅助平台来协助采收和人工修剪。这种果园有望高产（5400 公斤/亩）、优质、均匀一致。我们认为这样的果园将显著减少全年总劳动用工”

苹果园栽植密度在过去的 50 年内一直稳定增加，从 6-7 株/亩到有些果园甚至 500 株/亩。自栽植模式开始变革后，美国纽约州的栽植者就开始逐渐由 6-7 株/亩的实生砧多主干大树树形，转变为 33 株/亩的半矮化砧中央主干树形，然后又选择 100 株/亩矮化自根砧的细纺锤形，探索了 66 株/亩的 M. 9/MM. 111 中间砧的中央主干小冠形，应用过 83 株/亩矮化自根砧的垂直主干形，又尝试了 367 株/亩的矮化自根砧超纺锤形，到目前一致认为 167 株/亩的矮化自根砧高纺锤形栽培模式最好。本文将展望未来 20 年果园栽培愿景。

## 果园栽培模式建立的五条重要原则

在苹果栽培密度的演变过程中，我们总结出了几点重要的原则可用于指导果园栽培模式的建立。

第一，关于光截获量的研究表明：果园苹果树树冠截获的自然入射光比例要达到 70%-75% 才能获得高产。通常，行间宽度能便于机械化的果园截获的可见光比例不会超过 55%，如果行间很窄（2.1 米以下）受光面积会提高，但又不便于机械操作。所以，既要高产，又要机械化，树体就必须向高处发展，达到一定的高度（3-3.3 米）。

第二，关于光分布的研究显示：树冠大而密集的果园有更多的树荫区，而这部分区域的果实品质差。树冠厚度不超过 1 米的窄薄或平坦的树冠能有更好的光分布。这一原则要求现在果园的篱壁形树冠厚度保持在 1 米以内。

第三，农户希望果园能够早结果、早丰产以尽早收回建园成本，这促进了有关早期丰产的研究。早期丰产要求使用带分枝大苗建园、增加栽植密度、定植后加强肥水管理以促进树体快速生长、定植后前三年简化修剪并拉枝以诱导其早期结果。应用这种栽培模式，在定植后第二年就可以获得较高的产量。

第四，简单、稀疏的树冠要比复杂密集的树冠更易于进行果园的机械化管理。

第五，果园栽植密度受限于收益递减规律（译者注：在技术和其他生产要素的投入量固定不变的条件下，连续地把某一生产要素的投入量增加到一定数量之后，总产量的增量即边际产量将会出现递减现象）。在栽植密度不断增加的情况下，从额外栽植的树上获得的产量会越来越小。在某些时候，增加的栽植量所带来的成本可能要高于其所带来的收益。

## 果园栽培模式的经济分析

在上个世纪之交，很多美国的果农在对于哪种栽植模式效益更好的问题上有很大的分歧，一些果园使用超过 367 株/亩的栽植密度，而还有一些果园使用低于 33 株/亩的栽植密度。为了指导如何确定栽植密度，我们根据纽约州试验果园的数据，针对几个栽植密度跨度大且非常看好的果园栽培模式从利润和成本方面进行了经济学分析。

对五个常见的果园栽植模式从利润率的角度分别在 2003 年和 2010 年进行了评估。5 种树形是细圆锥形、主干形、细主干形、高纺锤形和超纺锤形 (Robinson et al., 2007)。栽植密度变化范围广，每亩 57 株到 367 株。分析评估了每一种模式在过去 20 年的净现值。方法和结果已经发表 (Robinson, et al., 2007)。

最佳栽植密度。我们的研究表明，在建国时栽植密度越高投资越大。然而由于早期高产和累积产量高，通常利润在某个点之前会随着密度的提高而增长。然而，收益递减法则导致单位面积栽植更多的树将获得更少的累计产量，即非常高的栽植密度并不比更加适中的密度利润大。另外，经济学家认为风险随着投资级别的升高而升高，因此密度太高的栽培模式风险更大。

在栽培带分枝大苗时，通过对过去 20 年累计利润的净现值计算结果表明，栽植密度为 175 株/亩的果园，单位土地面积的利润率最大(图 1)。如果换一种方法去评估利润率，即以每单位资本投入的净现值而不是每单位土地的净现值计算，则合适的密度稍低，大约为 158 株/亩。

2010 年我们用果实价格更高、早期生长更好且前五年累计产量更高的果园（由于使用了先进的高质量树苗和栽植后更好的管理）进行了重复分析评估，结果表明，每一种栽培模式的净现值都显著提高，并且最适栽培密度是 183 株/亩（图 1）。

树苗价格和果实价格的影响。果实价格对于各种栽培模式的潜在利润的影响都最大。在果实价格\$0.30/kg (\$0.14/lb.)时，所有的栽培模式都是盈利的（不包括包装、储藏和市场投入）。如果果实的价格降到\$0.25 (\$0.11/lb.)，所有的栽培模式都是亏损的(图 1C)。当果实的价格非常高(\$0.55/kg 即\$0.25/lb.)（例如开发一个新的俱乐部品种）价格曲线的形状和栽植密度成渐近线时利润最高。果实价格从\$0.30 到 \$0.55 双倍的价格变动将导致利润增长 9 倍。高密度栽培模式对于价格变动比低密度栽培更加敏感。这意味着高密度栽培在果实价格低的时候利润下降更多，但是同时在果实价格高的时候利润更大。当果实价格低于\$0.25/kg 时，最适栽培密度为 167 株/亩（2450 株/公顷，1000 株/英亩），当果实价格适当升高到\$0.35/kg 时，最适的栽植密度是 189 株/亩（2800 株/公顷，1133 株/英亩）。当果实价格高到\$0.55/kg 时，最适的栽培密度大约为 371 株/亩（5500 株/公顷，2225 株/英亩）。

树苗和支架的开销对于利润率和最适栽植密度有着非常大的影响。在低密度栽培模式下，树苗的价格对于利润率只有很小的影响，而对于高密度的栽培模式，树苗的价格对于整体利润率的影响非常大。在树苗价格高的情况下，所有模式的利润率都低并且最适的栽培密度是 167 株/亩（2400 株/公顷，1000 株/英亩）。随着树苗价格的降低，所有模式的利润率随之上升并且最适栽培密度也随之增大。在树苗价格低到\$2.00/株时，最适栽培密度高于 371 株/亩（5500 株/公顷，2225/英亩）。

通常我们对于果园经济的研究表明，只要不是果实的价格非常高且树苗价格

非常低，则适合的栽植密度为 167-217 株/亩（1000-1300 株/英亩）。适合该密度范围的树体整形修剪模式，我们称之为高纺锤形。

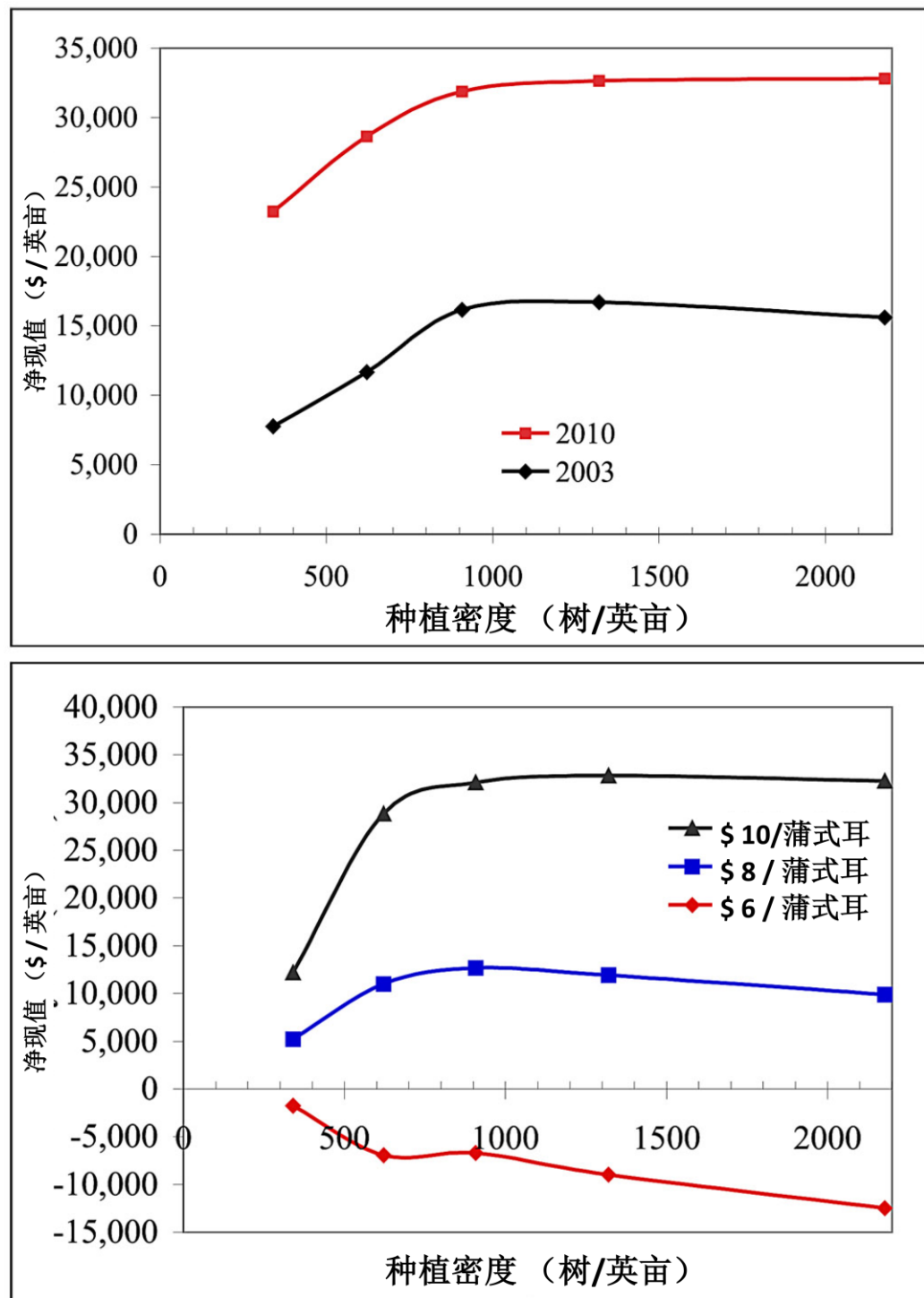


图 1. 栽植密度对 20 年盈利能力（通过 2003 和 2010 年每英亩净现值计算）的影响（上图），果实价格和栽植密度和 20 年盈利能力的关系（下图）。

## 世界上主要的七种栽培模式



图 2. 世界上主要的几种栽培模式：高纺锤形（上左），V 形网架（上中），超纺锤形（上右），主干弯曲侧枝下垂形（下左），结果墙形（下中），双主干形（下右）。

世界上主要的七种栽植模式是：高纺锤形，超纺锤形，垂直网架或 V 型网架，主干弯曲侧枝下垂形，双干形和结果墙形（图 2）。这七种模式均用高密度栽培（150–367 株/亩）并且是依靠早期结果来收回投资。高纺锤形是北美东部最常见的栽植模式，大多数的果园使用 167–217 株/亩的栽培密度。这种模式简单易学，并且投资不大，早期丰产而且据估计在 20 年内收益也会最高。一小部分果园使用 367 株/亩的超级纺锤型模式，但这仅限于使用自己繁育的苗木。超纺锤形具有简化的修剪方式且果实品质好。

精细设计的支架模式（V 形网架和垂直网架）在华盛顿地区很常见，但在美国东部地区较少使用。这两种模式是为精确修剪设计的，通过修剪将芽控制到预设的数量。有的果农认为这种模式可以减少日灼的发生。主干弯曲侧枝下垂形在法国的南部地区、部分西班牙和智利地区很常见，但是在世界的其他地区并不被采用。当营养生长过旺时它需要大量的弯枝并且人工抹芽来获得营养生长和生殖生长的平衡。抹芽同时能帮助控制隔年结果现象的发生。双干模式在北美是一种新的栽植模式但是在意大利已经有 8 年使用的历史。这种整形模式每株留 2 个主干，所以中等栽植密度（150 株/亩）的果园也具有更多数量的主干数（相当于 300 个/亩）。同时两个主干可以分散树体的生长势。这种模式可能有利于解决传统高纺锤形出现营养生长过旺的问题，也能很好的适应机械修剪。在纽约我们有 6 年生多主干的新红星试验园，看起来有较好的前景。最后一种模式是法国南部喜欢使用的结果墙，在意大利、德国、比利时和西班牙也有采用的。这种树形在夏初使用机械侧壁修剪，能有效减少修剪支出并且可以优质高产。

非常有趣的是一些成功的果园使用漂亮的网架模式并精确控制芽负载量，而另一些同样成功的果园则完全使用机械修剪，不在乎剩多少芽。这表明解决问题

有很多方式。

## 高纺锤形

在这七种栽培模式中，我们认为高纺锤形最能满足果园建立的五条重要原则。它融合了细长纺锤形、垂直主干形、超纺锤形和主干弯曲侧枝下垂形的优点 (Robinson et al., 2006)。这种树形应用了细长纺锤形栽培的密植方法，但其栽植密度低于超纺锤形 (约 167–217 株/亩)。这种树形应用垂直主干形的树干，但是树冠却跟超纺锤形一样狭窄。它还应用高度羽状分枝 (10–15 个) 的大苗建园和像主干弯曲侧枝下垂形一样拉枝技术来诱导结果与控制枝条生长势。这种模式还在定植后前三年应用简化的修剪方式。与细长纺锤形相比，高纺锤形不对主干短截，而细长纺锤形要短截主干以保持其长势。定植后不用定干，保持第一分枝距地面 80 厘米，这使得高纺锤形树体在第二年就有产量，结果能使得侧枝自然弯曲，长势减弱。在成形后，主干健壮直立，其上着生临时性结果枝。结果枝更新的修剪原则只是去除长得太粗的侧枝 (直径大于 2cm)。

高纺锤形果园果树栽植密度从 151 株/亩 ( $1.3 \times 3.6$  米) 到 246 株/亩 ( $1 \times 3.3$  米)。为了选择合适的栽植密度，我们需要考虑品种和砧木的长势以及土壤状况。对于生长势较弱或者一般的品种，比如蜜脆，元帅，布瑞本，帝国，Jonamac, Macoun, Idared, 嘎啦, NY674, 和金冠，我们建议株距 1.0 米 (图 2A)。对于生长势较强的品种，比如旭，Spartan，富士，乔纳金，陆奥等，以及其它顶花芽结果的品种，如 Cortland，瑞光，澳洲青萍和 Gingergold，建议株距在 1.0–1.2 米。在平地 and 坡地的行距分别是 3.3–3.6 米和 3.6–3.9 米。矮化砧木 M.9、B.9 及 G 系列的抗火疫病砧木 (G.11、G.41、G.935) 都已成功应用了高纺锤形。长势较弱的无性系 (M9T337、M.9Flueren56、B.9、G.11 和 G.41) 砧木嫁接生长势强的品种很适合于非重茬地。生长势强的无性系 (M.9Pajam 2, M.9Nic29, M.9EMLA, and G.935) 在重茬果园或者嫁接较弱的品种时利用价值更高。

用高纺锤形模式建园首先需要带分枝的大苗。高纺锤形模式要想获得好的经济效益，第二和第三年必须有明显的经济产量。如果用无分枝苗或者小苗，要 4、5 年才能结果，这在建立高纺锤形模式时投入的成本会超过潜在的回报，将抵消高纺锤形栽培模式带来的额外收益。我们建议用于高纺锤形栽培的果苗直径至少 1.6 厘米，并且有 10–15 个位置合适的分枝，分枝长度最长 30 厘米，第一个分枝距地面高度至少 70 厘米 (图 2A)。一般来说，北美的苗圃直到现在也没有培育出分枝数那么多的树苗。许多树苗都是 3–5 个大长枝，而不是 10 条短枝 (图 2B)。用具有几条长枝的树苗建园，幼树将较难管理。

高纺锤形与垂直主干形和细长纺锤形之间最显著的区别就是高纺锤形没有永久性的侧枝。高纺锤形模式定植后要立即将所有侧枝拉 (或坠) 至水平以下，以诱导结果并阻止其发育成骨干枝 (图 2B)。拉枝后有利于形成中庸的结果枝而不是强壮的骨干枝。垂直主干形和细长纺锤形的侧枝也要求下拉但高于水平线，这就使得侧枝在 4 年后长成了骨干枝。有的果农用带分枝大苗按高纺锤形模式建园，但没有下拉侧枝，最终导致树体中下部的侧枝生长过旺而在早期就必须去除，影响树体生长，延缓树冠的形成。这种对侧枝管理的简单改变就可使许多分枝可以长期结果，并且在高纺锤形模式的狭小空间里最初的 5–8 年几乎不用进行大规模的修剪。



定植时将侧枝拉好后，主干上部新生的侧枝就不需要再拉了。在多数气候条件下树势会表现中庸，第三年主干上的侧枝会因为结果而自然下垂至水平以下。这样就不需要额外的拉枝就能建立营养生长与生殖生长之间的平衡。但是，在有利于旺长或在不够寒冷的气候条件下，侧枝在结果之前通常就会长得比较壮，因而不能通过结果而下垂。在这种气候条件下，侧枝在定植后 3-5 年内必须每年进行拉枝，直到结果比较多时。但是，在很多传统的苹果栽培地区，栽植户通常在拉枝上投入很大，其实只将定植时的那些分枝拉好就可以了。此后，砧木的早果性能保证高产，树体就能建立起自然的平衡。

应用易早果的矮化砧木，使得幼树在第二、三年负载过重而导致隔年结果现象最早在第四年就可能出现。这样随后当树体成形时会导致第四年树势增强，此时就需要削弱树势了。不同品种隔年结果特性不同，安排幼树结果负载量时也必须考虑这一点。对于没有隔年结果现象的品种，比如嘎啦，我们建议在定植第二年每株留果 20-40 个，第三年每株留果 60-100 个。对于生长缓慢或者有隔年结果现象的品种，如蜜脆，应该将负载量控制在嘎啦的一半。

如果高纺锤形树体的顶部一直保持比树体基部要细，并且树体的营养生长与生殖生长能够很好的平衡，那么在树体的整个生命周期都会获得好的光分配和果实品质。对于高纺锤形树体，保持自身在整个生命周期都是圆锥形对于树体基部光照很重要。依据我们的经验，在树体整个生命周期里维持树冠好的光分布的最佳方法就是去除顶部的所有生长过长的侧枝，而不只是回缩。对树体顶部成功的管理方法是每年去除 1-2 个上部的侧枝。为了确保更新枝的生长，去除大枝时应马耳斜疏除。从马耳斜下部通常会会长出角度平、长势弱的新枝。这些枝只要不短截，就会结果而自然下垂。

高纺锤形的一个关键特征就是简化修剪，这比传统的复杂修剪要省工得多。此外，高纺锤形的简易修剪成本还可以通过果园的机械化来进一步缩减。相对于传统的修剪需要梯子，应用高纺锤形树形，我们利用自动修剪平台可以节省休眠期修剪成本的 30% (Miranda-Sazo et al. 2010)。机械化平台同时还能减少采收、疏花疏果的成本。



图 3. 高纺锤形果树培育步骤。1. 定植 1.6 厘米粗的带分枝大苗（上左），2. 栽植后立即拉枝（上中），3. 第二年末树要长到 3 米高（上右），4. 第四年末之前只进行最小限度的修剪（下左），5. 第五年开始更新修剪（注意下中图中第一棵树的大分枝需要去除），6. 在第五或者第六年夏季进行修剪（下右）。

### 努力减少单位产量成本

投资不太高的栽培模式。建立高密度果园非常昂贵。树苗是最初阶段最大的投资。如果在初产量不减少的情况下减少树苗的投入，利润率就会增加。最近尝试了使用便宜树苗的效果。一些栽植者开始自己繁育树苗以降低成本。这就意味着可能使用没有多分枝的小苗代替多分枝的大苗。一些栽植者栽植秋季芽接的半成品苗，还有一些栽植者栽植春天枝接的半成品苗。这种园最初的投入在很大程度上比用多分枝的大苗木要低；然而，早期结果时间也要推迟一年。这种策略的经济价值评价研究目前仅限于一个试验 (Robinson and Hoying, 2005)。在我们的研究中，栽植时树苗质量对于利润率有着显著影响。虽然多分枝大苗的树在最初的几年能生产更多的果实，但是产量收益被建园时高的苗木投入有所抵消。当栽植密度在中低水平时候，使用贵一点的多分枝大苗利润更高一些，而高密度建园时使用半成品苗或者 1 年的嫁接苗利润更高一些。在适宜的栽植密度即 167 株/亩（来自我们对经济方面的研究）带分枝的树苗利润更大，然而在超过 234 株/亩的栽培密度时候相对便宜的半成品苗或者 1 年的嫁接苗利润更大一些。

机械化。除了通过高密度栽培来提高产量和减少单位生产成本，苹果栽植户已经开始通过果园管理部分机械化来努力减少成本，包括休眠期的修剪、疏花疏果和夏季修剪（表 1）。

机械自动平台在纽约和东部其它州已经比较普遍。当前已有许多果园应用了机械自动平台进行休眠期修剪、疏花疏果、立架和树体整枝等。但几乎没有使用机械采收的，我们希望未来五年能有很多栽植户使用机械辅助采收。机械辅助采收技术推广较慢，是由于栽植户考虑到采收机械采收箱可能对果实造成严重损伤和机械化的劳动效率所带来的成本收益比率问题。

我们认为应用机器人进行机械化采收的可能性不大。尽管在过去 4 年已投入大量资金用于采收机器人研究。要研发一个极复杂的能识别果实方位，并在采收及运输果实时不损伤果实的机器，尚需要很多年的研究。即使发明了这样一个机器，也将会很昂贵并且采收效率不会太高。我们预计用机器人采收会增加成本，因而成本收益比率并不乐观。我们认为像 Wafler 这样的采收平台应用于辅助采收可能性更大一些。

果园机械化的另一个可能就是应用机器人进行果树修剪。这就要求没有永久性结果枝的结构简单的树形，比如高纺锤形、超纺锤形和结果墙。这还要求机器能够定位枝条、划定修剪线路和简易的修剪原则。但是，即使修剪机器人可行，从经济学角度考虑未必是有利的。正如采收机器人那样，修剪机器人也许相对于人工在机动化平台上进行高纺锤形树形修剪来说太昂贵了，并且工作效率不高。在修剪机器人发明出来之后，应该对其进行成本收益率的分析，也许会因为增加了修剪成本而使成本收益比率不理想。

表1. 高纺锤形栽培应用机械自动化所节省的劳动力

劳动投入	垂直主干形（20吨/英亩 梯子 采收）	高纺锤形（30吨/英亩 机械化 平台）
休眠期修剪	60小时/英亩	30小时/英亩
树体整枝	20小时/英亩	10小时/英亩
疏花疏果	80小时/英亩	30小时/英亩
喷施激素	40小时/英亩	20小时/英亩
夏季修剪	60小时/英亩	1小时/英亩
采收前总的劳动时数	260小时/英亩	91小时/英亩
采收	100小时/英亩（4箱/人/天）	75小时/英亩（8箱/人/天）
每年总劳动时数	360小时/英亩	166小时/英亩

注：1箱苹果约360公斤；1英亩等于6亩。

### 建园要着眼于长远

一个新果园的建立要做到对未来 20-25 年负责，栽植者在建园前应该考虑在接下来的 25 年里可能发生的在管理方面的变化，依此建立的新果园就可能从合理长远规划上获益。本文开头提出了 5 个基本建园原则（1. 接受更多的光，2. 树冠内良好的光照分布，3. 早期丰产，4. 简单的适合机械化树冠以及 5. 栽植密度由收益递减规律决定）适用于所有未来果园栽植模式。我们对未来果园的分析得出以下结论：



1. 未来的果园树体应该达到一定的高度（3.0-3.3 米），这是因为果园光截获量需要达到自然入射光的 70-75%。可以设想如果采用非常窄的行间距，那么矮点的树高应该也可以达到足够的光截获量，但是拖拉机、喷药、收获用周转箱系统等都需要做一定改变。实际上，这种只能供行人行走的很窄的行间距果园在 20 世纪 80 年代新西兰已经尝试过，但没有推广，因为无法满足每一行果树的喷药需求。然而，可以构想一个未来果园，它的行间只有 1.5-1.8 米（只是行走的路），树高 1.8 米，树冠整成非常窄的结果墙，打药的时候用跨树行的固定系统完成。修剪和收获都可以通过跨树行的机械完成，收获用的周转箱可以配合跨树行的拖车使用。虽然这个想法看着吸引人但是似乎不可行，因为无论是在产量、劳动力效率还是收益方面都将收获甚微。

2. 未来的果园很可能采用不超过 1.2-1.8 米宽的简单的瘦窄树冠，因为要满足树冠所有区域都有较好的光分布的需要。另外这种小树冠会更加适合机械修剪，同时也适合机械辅助收获。

3. 将来的果园很可能会继续利用带有多分枝的大苗，以追求早期丰产。例外的是带有分枝苗木的成本非常高而又选择使用高密度（>250 株/亩）的果园，这种果园株距非常小，所以使用带分枝的苗木意义就不大。然而我们认为这么高的密度几乎不会提供更高利润、劳动效率或果实品质。

4. 简单的树冠便于使用简单机械平台进行修剪、疏花疏果和采收。修剪或者采收完全使用机械化似乎不太可能，但是我们相信成本低廉的用于承载工人移动的平台将成为修剪和采收的标准配置。另外似乎使用剪切机进行夏季机械修剪会成为常规技术，当然每 2-3 年需进行一次人工修剪进行矫正。我们希望机械辅助采收会成为常规技术，并且更加适合于窄薄树冠的果园模式。

5. 适宜的栽植密度仍为 167 株 / 亩左右。由于栽植者会越来越擅长管理密植园，将来的栽植密度也许会接近 217 株/ 亩。如果采用夏季剪切机修剪来降低成本，并且保持一个狭窄的树墙，行间距可能会逐渐从 3.6 米渐减为 3.3 米、3.0 米，甚至 2.8 米。

## 结论

在过去 50 年里果园栽植模式发生了戏剧性的变化。展望未来，最好的模式仍然是目前的高纺锤形，使用机械进行侧壁墙修剪会使其树冠更加紧凑窄薄，能减少用工，提高果实品质。这种紧凑窄薄的结果墙模式的果园有可能使用机械辅助平台进行采收和修剪。这种果园有望高产（5400 公斤/亩）并且优质果率近 100%。我们相信这样的果园将显著减少全年总劳动用工。

## 参考文献

- Miranda-Sazo, M., DeMarree, A. and Robinson, T. 2010. The platform factor – Labor positioning machines producing good results for NY apple industry. *NY Fruit Quarterly* 18(2): 5-9.
- Robinson, T.L. 2003. Apple orchard systems. In: D.C. Ferree and I.J. Warrington (eds.). *Apples: Physiology, production and uses*. CABI Publishing. Wallingford, Oxon, United Kingdom.
- Robinson, T.L. 2007. Effect of tree density and tree shape on light interception, tree growth, yield and economic performance of apples. *Acta Hort.* 732:405-414.
- Robinson, T.L. 2008a. The evolution towards more competitive apple orchard systems in the USA. *Acta Hort.* 772:491-500.
- Robinson, T.L. 2008b. Crop load management of new high-density apple orchards. *NY Fruit Quarterly* 16(2): 3-7.
- Robinson, T.L. and Hoying, S.A. 2004. Which high-density orchard planting system for replant sites in NY is the most productive and profitable. *Acta Hort.* 636:701-709.
- Robinson, T.L. and Hoying, S. 2005. Initial tree quality affects apple tree yield and orchard economics. *Compact Fruit Tree*. 38(2):10-14.
- Robinson, T.L., A.M. DeMarree and S.A. Hoying. 2007. An economic comparison of five high density apple planting systems. *Acta Hort.* 732:481-490.
- Robinson, T.L., Hoying, S.A. and Reginato, G.L. 2006. The Tall Spindle apple planting system. *NY Fruit Quarterly* 14(2):21-28.

## 作者简介

1. Terence Robinson (特润斯. 罗宾逊): 康奈尔大学日内瓦农业试验站科研推广教授, 主持康奈尔大学果树密植栽培和植物生长调节剂的应用项目。
2. Steve Hoying (斯迪文. 好人): 康奈尔大学哈德逊河谷试验站资深推广研究员, 从事果园技术管理。
3. Mario Miranda Sazo (马里奥. 米兰达. 萨佐): 安大略苹果产区康奈尔大学果树合作推广站推广员, 从事果园技术管理。
4. Alison DeMarree (艾里森. 迪马利): 安大略苹果产区康奈尔大学果树合作推广站推广员, 从事果园经济管理。
5. Leonel Dominguez (勒奥内尔. 杜敏国兹): 罗宾逊教授的研究生。

## 译者

1. 丁文展, 青岛农业大学果树学研究生
  2. 张高龙, 青岛农业大学果树学研究生
  3. 原永兵, 青岛农业大学教授
- 校审: Lailiang Cheng (程来亮): 康奈尔大学园艺系果树学教授