

高纺锤形苹果种植支撑系统的经验之谈

Stephen Hoying

康奈尔大学，园艺系，哈得逊河谷，纽约州

支撑系统是现代果园的一个重要组成部分。高纺锤形和垂直主干形的种植系统所采用的矮化砧木因促进提早结果，导致树干和侧枝无法完全承受果实的重量（Robinson, 2003）。同时，许多新培育的砧木在嫁接部位很脆弱，在风、果实重量或是其它压力的影响下，很容易断裂。这些种植系统在整形和修剪时，往往不在中心主干上使用短截，使树体能快速长高，从而对树和嫁接部位形成较长的影响。一个能支撑 35 吨果实/英亩的稳固的支撑系统是很必须的，它替代老系统中的树干和侧枝的功能。除了果实的重量以外，建立支撑系统时还要考虑恶劣天气，诸如风、雪、雨的影响。一英亩高纺锤系统可达到 871000 立方英尺，表面积可占到 27000 平方英尺。当风速达到 70 英里/h 时，可以给每平方英尺增加 2 磅的压力，总压力达到 54000 磅，相当于果树结果量翻了一番。积雪可增加 20 磅/每立方英尺的压力。很显然，为了防止最差天气的情况，例如 2011 年的台风艾琳（Irene），热带风暴 Lee 和东海岸十月份的雪暴（Hoying, 2012），支撑系统最起码要能承受果实重量的 10 倍以上。

自从六十年代美国开始种植高密度果园以来，有过许多不同种类的支撑系统。最初只是简单的用木棍支撑每棵树或是拉 3-4 根铁丝。金属套管在中间砧系统曾经被广泛采用，但是相比支撑果实重量的作用而言，起到的更多的是整形的作用。经过多年对不同种植系统的研究（Hoying et al; 2012），果农们逐渐意识到要想取得良好的效果，稳固的支撑系统对高密度栽植是必需的，从经济角度而言也是可行的。

虽然分析表明对果园最初的经济投入（包括支撑系统）是排在产量和果实质量之后的最影响果园利润的因素（Robinson et al., 2007; Robinson and Hoying, 2003），果农们往往选用最便宜的支撑系统以减少原材料的投入。这些支撑系统在长久以来跟不上以力争产量最大化和结果最早化为目标的园艺学的发展。它们所使用的材料质量差，修建不牢固，往往导致最后的失败。由于果园的使用寿命很长，往往超过 20 年，建园初所犯的错误，即便不是完全无法修复，也会带来巨大的经济损失（图 1）。

2010 年，在纽约州苹果研究和发展项目的资助下，我们在哈得逊河谷试验站开辟了一片苹果园以进行有关苹果生产园艺方面的研究。这个果园占地约 1.5 英亩，有 21 行，共 1700 棵来自 20 多个不同品种和品系的苹果树。这个研究项目的目标之一是比较用于高纺锤形和垂直主干形的支撑系统。支撑系统是在 2011 年，即果树定植后一年建立起来的。



图 1：5 线支撑系统可承受果实，雪等其它各种压力。

试验材料和方法

在 2011 年果园建立了一年以后，我们建了五个支撑系统。所有的支撑系统都是使用相距 30 英尺的经过压力处理过的 12 英尺高的松树柱子为基础。过去的经验表明，当支撑柱相距过远时果树往往会朝行间倾斜，尤其是对于树较高的栽植系统。我们所采用的支撑系统包括：1) 单架高单线系统；2) 3 线系统；3) 5 线系统；4) 3 线含线性整形辅助系统；5) 3 线含竹竿整形辅助系统。

1) 单架高单线系统：该系统是纽约州高密度种植最常见的，尤其适用于垂直主干形的种植系统。该系统每英亩相对较低的密度，可减少对支杆的投资（图 2）。此系统能提能供良好的支撑效果。当行间距为 11 到 14 英尺时，使用 10 英尺长 0.5 英寸直径的金属套管或是 1 英寸的竹竿能够提供最优高度支撑。在这种情况下可以使用较短的行内木柱，因为每个支杆（金属套管或竹竿）能支撑 9.5 英尺高的果。这个系统包含一根铁丝，在离地大约 7 英尺处与每个木柱相连。每个支杆都由支架夹或是土豆包结（用来封口的一短截铁丝，外多有纸包裹）与铁丝相连。树起初被固定在支杆上，当果树长高时，可将树多次绑紧直到支杆的顶端。该系统比较方便果园的工作人员在树间和行内的活动。



图 2：常见的单架高单线系统是能提供最好的强度和整形辅助组合的支撑系统，但是当种植密度高时，成本也会比较高。

2) 3 线系统：3 线系统是一只含 3 根沿着行内柱均匀分布的铁丝的简单系统（图 3）。底部的铁丝离地面 24 英寸，由 U 形钉（staples）固定在迎风面的柱子上；顶部的铁丝固定在行内柱的顶部，先在水平方向钉入一个 U 形钉以防止拉得过紧的铁丝嵌进支撑柱内。中间的铁丝位于底部和顶端铁丝的中间，在我们这一系统正好离地面 66 英寸。

3) 5 线系统：该系统在 3 线系统上以平均的距离增加了两根铁丝（图 4）。铁丝离地面的距离分别为 24 英寸，45 英寸，66 英寸，87 英寸和 108 英寸，全部用 U 形钉固定在柱子的迎风面。

4) 3 线含线性辅助整形系统：“Finger Lakes Trellis”公司可提供这种支撑系统，在他们的销售手册中这种系统被称为“稳固系统”。该系统用软铁丝弥补每棵树的上中部和底部之间的空档，并由卷边气动工具（crimping air tool）来固定。软铁丝同时也辅助整形，帮助绑定主干及“稳固”主干的垂直生长。如果固定的位置恰恰处在一簇果实之上，该软铁丝也能帮助承受果实的重量。这个系统的垂直高度受限于两个支撑柱之间的木杆的高度（大约 108 英寸如用 12 英尺支撑柱；84 英寸如用 10 英尺支撑柱）。

5) 3 线含竹竿整形辅助系统：该系统的效果与前一系统很相似，但是由于使用竹竿作为整形辅助系统的活动余地较小，而且只用支架夹或土豆包结（图 5）稳固在顶部或是中部的铁丝上。竹竿的顶端距顶部的铁丝有 12 英寸，达到 10 英尺的最佳高度。该系统所使用的竹竿都非常轻，尺寸为 3/8 英寸（直径）× 6 英尺（长度）。



图 3： 3 线系统对主干的支撑效果不好，观察图中主干大都成倾斜状，勉强触及上方的铁丝。



图 4： 三年生嘎拉在 5 线系统的支撑下生长良好。



图 5：竹竿构成的整形辅助固定在 3 线系统上以支撑 NY1 的主干的生长。

试验结果

三年后，不同的支撑系统并没有影响果树 NY1 和 NY2 的树干直径（评估长势的指标），但是对树的高度有所改变（表 1）。

三线含竹竿整形辅助的支撑系统完全承受了 NY1 中心主干的生长。三年后，使用该系统的果树比使用其它系统的果树高很多（图 6）。当 NY1 和 NY2 都使用 M. 9T337 砧木时，它们的生长有明显的不同。NY2 的树干周长比 NY1 大，三年后的树高也较高。这说明，相比 NY1 而言，NY2 长势更强，更适合长势较弱的砧木。长势旺盛的 NY 2 在 3 线含竹竿整形辅助系统和 3 线“稳固系统”的支撑下要比其它的系统长得高得多。3 线和 5 线的支撑系统

对主干的支撑作用不如那些有直立的整形辅助的系统的效果好，因此主干的高度也要小一些（图 3）。当两根铁丝之间的间距过大时，主干会倾斜。当主干由于果实的重量被拉离铁丝时，需要重新固定。铁丝间距为 21 英寸的 5 线系统要比间距为 42 英寸的系统好很多。

表 1: NY1 和 NY2 在不同支撑系统下树体长势的比较

支撑系统	NY1		NY2	
	树干周长 (mm)	树高 (m)	树干周长 (mm)	树高 (m)
3 线系统	75a	2.63a	89a	2.81a
5 线系统	77a	2.72a	92a	3.06a
3 线含竹竿整形 辅助系统	76a	2.98b	92a	3.53b
3 线含线性辅助 整形系统	74a	2.72a	92a	3.38b



图 6: 前方的 NY1 和后方的 NY2 展现出在 3 线含竹竿整形辅助系统支撑下的不同树高。

表 2： 5 个苹果品种在 4 个支撑系统下的产量和果重

品种	支撑系统	平均每株果实 数目	平均单果重(g)	估计产量（蒲式 耳/英亩）
皇家帝国 (Royal Empire)	3 线系统	13.5	168.4	144.3
	5 线系统	18.1	174.5	200.4
	3 线含竹竿整形辅 助系统	17.7	168.7	189.5
	3 线含线性辅助整 形系统	10.8	179.9	123.3
及布参金帅 (Gibson G. Delicious)	3 线系统	10.2	192.7	124.7
	5 线系统	8.7	186.6	103
	3 线含竹竿整形辅 助系统	15.4	203	198.4
	3 线含线性辅助整 形系统	12	197.2	150.2
条纹红富士 (Striped Red Fuji)	3 线系统	19.4	222	273.3
	5 线系统	19.4	201.1	247.6
	3 线含竹竿整形辅 助系统	21.9	205.9	286.1
	3 线含线性辅助整 形系统	20.9	205.5	272.5
NY1	3 线系统	15.3	208.1	202
	5 线系统	17.8	205.6	232.2
	3 线含竹竿整形辅 助系统	19.8	207.4	260.6
	3 线含线性辅助整 形系统	18.5	207.2	243.2
NY2	3 线系统	18.4	241.3	281.7
	5 线系统	16.3	260.3	269.2
	3 线含竹竿整形辅 助系统	14.1	258.5	231.3
	3 线含线性辅助整 形系统	22	254.2	354.9

果树第三年的产量会受到支撑系统的影响（表 2）。在所试验的 5 个系统中，使用 3 线含竿整形辅助系统的金冠苹果（Golden Delicious），条纹红富士（Striped red Fuji）和 NY1 在第三年有最高的产量。而当将所有品种一起考虑时，并没有哪一种支撑系统提供恒定的最高的产量和最佳的果实大小。“稳固（3 线含线性辅助支撑系统）”系统和 5 线系统

一般而言比 3 线系统能够支撑更多的果实重量，这和它们所能支撑的树高是相关的。果实的大小在不同的品种和支撑系统之间差异较大，没有哪一种支撑系统表现出明显的优势。

虽然没有直接在 NY1 和 NY2 之间进行对比，有单根高铁丝支撑的单根套管系统是最稳定的支撑系统，能和竹竿及稳固支撑系统提供相似的支撑。在建立果园时，不同支撑系统的耗费也是需要考虑的因素（表 3）。

表 3：不同支撑系统的费用

	木柱	铁丝和钉子	整形支杆	安装劳力费	总计
3 线系统	\$1,123.66	\$205.50	\$0.00	\$367.00	\$1,696.16
5 线系统	\$1,123.66	\$340.50	\$0.00	\$387.00	\$1,851.16
3 线含竹竿整形辅助系统	\$1,123.66	\$205.50	\$648.00	\$495.00	\$2,472.16
3 线含线性辅助整形系统	\$1,123.66	\$205.50	\$211.20	\$495.00	\$2,035.36
单线/套管	\$1,123.66	\$68.50	\$2,420.00	\$495.00	\$4,107.16

讨论

怎样管理高密度果园的支撑系统，以使其能经受果树负载量的增长及不可预见的天气的变化给纽约州的果农提供了一个良好的学习机会。我们学到的一些重要的经验包括：

1) 应当使用经过抗压处理和抗腐烂的木材做支撑柱；比如扭叶松，美国南方松角豆树和檀树都是很好的选择。如果要用当地收集的木柱，则需要将树皮去掉。要保证这些木柱有足够的直径以承担果实的重量、大风、或是大雪。行末端的桩子，或是起固定作用的桩子需有 5~6 英寸的直径（小的数字是木桩细端的直径，大的数字是木桩粗端的直径）。线内柱的直径应为 4~5 英寸。有些树木品种比其它品种更容易断，比如像红杉一样侧枝形成一个圈的树木。其它的品种，例如美国南方松和扭叶松的侧枝是螺旋状的，因此接口处是互相交错的，木材的“易折点”较少。所有的木桩应打到地面 3 英尺以下，这个深度超过了霜冻线。那些没有打到足够深度的木桩往往会受到霜冻的影响，需要每年再往下打。在强降雨，大负载量或是雪的胁迫下，可能会失效。

2) 虽然 U 形钉安装起来容易又迅速，但是有很多 U 形钉拔出的失败案例。拔掉一个 U 形钉可以导致整行的树倒下。如果在一个脆的砧木上，还可在嫁接处断开。所以要确保使用最起码有 1.75 英寸的 U 形钉，有必要的话，在压力大的地方，例如角度变化处，使用两个 U 形钉安装的时候，U 形钉的两端应当朝外。在木桩上打洞让铁丝穿过可以保证铁丝在大雪等恶劣环境保持在原来的位置，虽然这一步骤会使最初的安装过程更困难和昂贵。对于多根铁丝的支撑系统，只需将顶部的铁丝穿过木桩即可。

3) 要尽量避免在行内将铁丝拼接在一起。当在行内一半的地方用导线夹（lead wire clamp）将铁丝拼接在一起时，容易在果实过重或是强风下断掉。如果非要拼接，可连着使用 2~3 个夹子。应在每根铁丝上使用高质量的扣紧装置，这样一来铁丝的松紧可以根据需要来调节。

4) 在我们的试验田里，竹竿，每棵树旁边的套管，还有支架上的“稳固铁丝”都能很好地支撑第二年或是第三年的果树，防止主干折断。在 3 根和 5 根铁丝的系统里，主干折断的现象发生的更频繁，因为在这两个系统里，铁丝之间的距离太远了，不能很好的支撑树干和主干。树干或主干往往在与铁丝相连处断裂（图 7）。我们建议最起码要使用 5 根铁丝，铁丝之间的距离不应超过 21 英寸，从支撑柱的顶端起。随着树龄的增长，可以去掉底部的铁丝，以方便采摘和修剪。

5) 我们发现支架夹（图 8）是将支杆固定在铁丝上的最佳方法。它们安装起来简单迅速，在安装上节省的劳力能够弥补它们价钱较高的不足。它们不会在铁丝上滑动，即使当负载量大时，也能够使树保持在直立的状态。

6) 最牢固的行末端的组合，是当末端支撑柱、支架铁丝和它们在地面之间的距离构成一个等边三角形的时候。锚点应该打入而不是垂直插入土中。

7) 每年收获后应当对支撑系统进行年度整修。更换损坏、失效的支撑柱；重新稳固锚合那些倾斜或是倒伏（heaved）的线内柱。检查并替换被拉扯的 U 形钉，尤其是那些在受力点已经变换了角度的铁丝。最后，在果实采摘后应调整铁丝的张力。



图 7： 由 3 线系统支撑的果树，在没有绑到第三根铁丝时， 在雪的压力下从第二根铁丝处断裂。



图 8: 支架夹价格便宜, 能牢固地将支杆固定在铁丝上, 且不会沿着铁丝滑动。

参考文献

- Hoying, S.A. 2012. Systemes de Support Etats-Unis. Arbre Fruitier. www.agyours.com Edition 2012 Producteur Plus :18-21.
- Hoying, S.A., Robinson, T.L., and DeMarree, A.M. 2012. Do high-density apple planting systems make sense? Presented at the Northwest Michigan Orchard and Vineyard Show www.apples.msu.edu/presentations.htm
- Orchard Trellis Supplies Innovative Fence Systems, Catalogue: pp8-13.
- Robinson, T. L., DeMarree, A. M., & Hoying, S. A. (2007). An economic comparison of five high density apple planting systems. Acta Hort. 732:481-490.
- Robinson, T.L. and S.A. Hoying. 2003. Support systems- An investment that pays large dividends. Compact Fruit Tree Volume 36 Special issue 36:25-29.
- Robinson, T.L. 2003. Rootstocks as a key component to high density orchards. Compact Fruit Tree, Special issue 36:9-13.
- U.S. Steel. 1982. How to build an orchard and vineyard trellises. U.S.S. Catalogue No. T-111578, Pittsburg, PA 15230.
- Van Dalfsen, K. B. 1989. Support systems for high-density orchards. In "Intensive Orchardring" Good Fruit Grower. 113-145. Ed. A. Brooke Petersen.

翻译: 杨晓华博士, 康奈尔大学园艺系 校对: 程来亮 教授, 康奈尔大学园艺系