

苹果生产的高纺锤形系统

Terence L. Robinson¹, Stephen A. Hoying and Gabion H. Reginato

美国康奈尔大学园艺系, 纽约州农业试验站

在过去的 50 年中, 果园的种植密度有稳步的提升, 从 35 株/英亩, 到有些果园的 2500 株/英亩。在有些试验性果园中, 种植密度甚至达到了 4000 株/英亩。在 80 和 90 年代, 细长纺锤形系统 (Wertheim, 1968) 在欧洲的北部最为普遍; 垂直主干形 (Lespinasse, 1980) 则在欧洲的南部、北美、和新西兰更为常见。一些果农在 90 年代还尝试了种植密度超过 2000 株/英亩的超级纺锤形系统 (Nuberlin, 1993)。九十年代的晚期, 以上各系统相互融合, 形成了一个新的种植系统, 这个系统我们称之为高纺锤形种植系统。

1. 高纺锤系统的发展历程

这个新的种植系统在头几年可以达到很高的产量, 后续年间产量稳定, 果质优异, 与超级纺锤形相比, 投资成本没有那么多高, 见表 1。

表 1 3 英尺×11 英尺的高纺锤系统的建园成本 (10 行×400 英尺长)

项目	数目/英亩	材料费 (\$/英亩)	劳工费 (\$/英亩)	总费用 (\$/英亩)
苗木	1320	8580	100	8680
固定柱 (6 英尺)	20	120	100	220
行内柱 (12 英尺)	110	1100	550	1650
铁丝	12000 英尺	280	100	380
钉子、紧线器、线夹		50	100	150
总耗费用		10130	950	11080

该系统的重要元素包括:

- (1) 种植密度高 (1000~1500 株/英亩);
- (2) 完全使用矮化砧木;
- (3) 使用多分枝的大苗 (10~15 分枝);
- (4) 栽植时修剪量小;
- (5) 栽植时将侧枝压到水平线以下;

¹ Department of Horticultural Sciences, New York State Agricultural Experiment Station, Cornell University, Geneva, NY 14456

(6) 无永久性的骨干枝;

(7) 通过更新修剪去除并更新长得过大的侧枝。

以上的每点都很重要,果农需要充分重视以上各点以达到赢利。对于某些方面的忽视,会导致难以控制该系统中树的长势(Hoying and Robinson, 2000)。高纺锤形系统是 Wertheim (1968)的细长纺锤形系统的基础上发展起来的。建立细长纺锤形的初衷是通过提高栽植密度来促进早产和提高管理效率,并通过降低树体的高度,以便可以直接在地面上进行果园管理。但是细纺锤形系统较矮的树体和中等的种植密度,导致产量往往也一般,并且树冠很密。在二十世纪七八十年代,大多数细长纺锤形果园的种植密度为 600~1000 株/英亩,树高和冠径约为 1.8 米。在八十年代末和九十年代,新的趋势是提高种植密度以提高产量(Oberhofer, 1987)。有些果农试图通过双行或三行栽植以提高栽植密度。但是这样导致的问题是树冠过于密集,果园成龄后树的长势成为一个问题。九十年代初期,人们在单行系统中尝试了更高的种植密度 2000~5500 株/英亩,并采用了更细长的树形,这就发展成了超级纺锤形。这种树的树径为 45~60 厘米,树高为 2.5 米。通过对采用这一系统的果园的管理,果农和科研工作者们意识到通过防止永久性骨干枝的生成,果树可以长期的保持紧凑的树形。但是超级纺锤形的投资成本过高,除非自己生产苗木,一般果农都难以负担。

过去 20 年的另一个趋势是强调栽植多分枝的大苗以提高第二年的产量。但是八十和九十年代使用的苗木的侧枝距地面只有 50 厘米,果树结果后,需要大量的劳力将结果枝绑扎起以防止果实接触地面。九十年代后期,底部侧枝距地面的距离上升到 75~90 厘米(Balkhoven-Baart et al., 2000)。这样一来,底部侧枝在结果时虽然会下垂,但是不会触及地面,省去了将它们绑扎起的麻烦。

第三个趋势是将树高从 1.8~2.4 米 提高到 2.7~3.0 米,以提高成龄期的产量(Robinson and Lakson, 1991)。这使得与产量息息相关的光截获变得更好,结果枝沿着树干分散得更开。九十年代许多果农开始减少在栽植时及头几年对细长纺锤形的修剪量。如果像处理细长纺锤形一样,对主干进行回缩,树的长势会变旺。为了达到良好的果实品质,必须进行大量的夏季修剪来保证光在树冠里的分布。如果不对主干进行修剪,保证底部侧枝距离地面超过 75 厘米,树第二年结果,果实的重量会将侧枝压弯,保持树冠较窄。九十年代,当果农让细长纺锤形变得更高时,不仅产量提高了,果实品质也变好了,因为结果枝在沿树干的方向上有了更多的间距。这些趋势演变成了高纺锤形系统:即树径 0.9~1.2 米,树高 3 米,种植密度 1000~1500 株/英亩。

2. 高纺锤系统的特点

(1) **种植密度:** 高纺锤形系统的种植密度可高达 1452 株/英亩(3 英尺×10 英尺),也可低至 838 株/英亩(4 英尺×13 英尺)。合理的种植密度是由砧木和接穗的长势以及土壤的肥力决定的。对于长势较旺的接穗,果农应采用矮化能力更强的砧木以及更大的间距;反之,对于长势较弱的接穗,应采用长势强一些的砧木和/或更小的间距。虽然在栽种距离上有一定的灵活度,果农应铭记高种植密度是获得早产高产的关键。对于长势一般或是较弱的品种,例如蜜脆(Honeycrisp),元帅(Delicious),布瑞本(Braeburn),帝国(Empire),红旭(Jonamac),梅孔(Macoun),艾达红(Idare),嘎啦(Gala),NY674,

黄元帅 (Golden Delicious) 等等，我们建议使用 90 厘米的行内距 (图 1)。对于长势较旺的品种，例如旭 (McIntosh)，斯巴坦 (Spartan)，富士 (Fuji)，乔纳金 (Jonagold)，陆奥 (Mutsu) 等，以及在枝端结果的品种，如考特兰 (Cortland)，罗马 (Rome)，澳州青苹果 (Granny Smith) 和姜黄金 (Gingergold)，我们建议使用 1.2 米的行距。行间距在坡上应采用 3.6~3.9 米，在平面上应采用 3.0~3.3 米。高纺锤形果园采用多分枝的大苗，行内距 90 厘米，如图 1 所示。



图 1 高纺锤形果园采用多分支的大苗，行内距 3 英尺

(2) 砧木： 虽然种植密度是影响果园早期产量最为重要的因素，矮化砧木是任何高纺锤形系统取得成功的基础。大多数成功的高纺锤形栽植系统采用了诸如 M. 9 或 B. 9 的矮化砧木。近几年，抗火疫病的 Geneva® 系列的矮化砧木在美国也被成功地运用于高纺锤形系统。同为 M. 9 矮化砧木，不同的克隆的长势有显著差别。长势较弱的克隆 (M. 9NAKBT337, M. 9Flueren56, B. 9 和 G. 41)，尤其适用于种在未垦殖的土壤上长势较强的接穗。长势较强的克隆 (M. 9Pajam 2, M. 9Nic29, M. 9 EMLA, G. 16 和 G. 11)，则更适合再植果园或是长势较弱的接穗。

虽然 M. 9 在世界各地的高密度种植中都取得了很大的成功，但是它很容易感染火疫病和苹果棉蚜。而新的、对于这些问题有抗性的矮化砧木，例如康奈尔的 Geneva® 系列，应当可以提高全世界的高密度种植系统的表现。

(3) 苗木的质量： 高纺锤形系统的一个重要组成元素是多分枝的苗木。有几个研究同时表明，大苗的分枝越多，第二、第三年的产量越高。对于高纺锤形系统而言，第二、第三年的高产对于获得经济效益至关重要。如果果农采用了无分枝的或是直径过小的苗木，直到第四、第五年结果量才会比较显著，那么对于高纺锤系统的极高的早期投入往往会变得难以承受，也就失去了通过高密度种植达到高利润的意义。我们建议在高纺锤形系统中使用的苗木直径不要小于 16 毫

米；有 10~15 个布局合理、长度不超过 30 厘米的侧枝；最底部的侧枝与地面的距离不要小于 80 厘米，如图 2 所示。通常而言，北美地区生产的苗木没有这么多的侧枝。但是近两年，一些苗圃开始生产多分枝的大苗。许多苗木有 3~5 个长侧枝而不是 10 个短侧枝，这需要加强对侧枝的管理。



图 2 纽约州使用多分枝大苗（多于 15 个分枝）的幼龄高纺锤形果园（3 英寸×12 英寸）。注意栽植时树高为 6 英尺。1 英尺 = 30 cm

（4）栽植时的修剪：栽植时的修剪量须很小。对于多分枝，沿主干有 10~15 个侧枝的大苗，除了去掉直径超过与主干相接处主干直径一半的侧枝，几乎不需要什么修剪。如果苗木的分枝较少较粗，只需去除直径超过主干三分之二的侧枝。不要进行回缩，除非枝条的顶端在栽植前或栽植中的包装、运输和操作过程中受到了损伤或有脱水现象。虽然我们并不建议在高纺锤形系统中使用没有分枝的大苗，但是如果使用它们，栽植时要将它们短截到 1.5 米左右。

（5）枝条角度的调控：诱导果园早结果的一个很重要的方法，是在栽植后将大的侧枝绑缚到水平线以下，如图 3 所示。高纺锤形与垂直主干形和细长纺锤形的一个显著的区别是高纺锤形没有永久性的底部侧枝。对于高纺锤形而言，所有的大的侧枝（超过 25cm 长），在栽植时就被绑缚到或压到水平线以下来促进结果，并防止它们长成过大的下层骨干枝。这种下垂的角度使枝条成为较弱的结果枝，而不是粗壮的骨干枝。一般较小、长势较弱的侧枝，通常不进行拉枝，而是由果实的重量将其压弯。就垂直主干形和细长纺锤形而言，侧枝可由第三年的果实压弯，或是绑缚到稍微高于水平线的角度，以利于它们在头四年中长成骨干枝。采用高纺锤形系统的密集种植，却又不对大苗的侧枝进行拉枝的果农，往往导致树体下部形成过大的侧枝。这就要求在早期进行大量的枝条的去除，其结果是促进了树的生长，给树冠的长期管理带来了困难。所以拉枝这一简单的操作，

可以使高纺锤形这一密集的系统多个侧枝长期结果，并避免在头 5~8 年进行大量的修剪。



图 3 多分枝大苗的大的侧枝都被绑缚到水平线以下

栽植时进行拉枝后，沿着主干新长出来的侧枝不用下压。在大多数气候条件下，如果不对主干上长势适中的侧枝进行修剪，常常第二、第三年的果实即将枝条压弯，达到一个自然的结果量和长势的平衡，而不需要进行额外的枝条的定位。所以对于高纺锤形而言，除了栽植时的拉枝，对于后来的枝条不需进行绑扎或下压。在长势较强，或是在温暖的气候里冬季低温不足的环境下，枝条往往在还没有足够的结果量将其压弯时就已经长得过大了。在这样的情况下，头 3~5 年每年都要将长势较旺的枝条绑缚或下压，直到树势变得较稳定，开始大量结果为止。但是，在大多数传统的苹果种植区，果农往往在拉枝上花了太多的钱，其实这一操作只应限制在栽植时。其后，促进早熟的砧木会诱导大量的结果，从而自然地建立一个平衡。

(6) 树体负载量的调控： 当树开始结果时，头四年通过对负载量的管理以防止大小年，对于达到营养生长和生殖生长的平衡至关重要。有了促进早结果的矮化砧木，幼龄果树在第二、第三年可能过度结果，使得第四年就早早地出现了大小年的现象。这样一来，在第四年，当树体已经填充了给它们分配的生长空间

需要减弱长势时，反而会有较强的长势。不同的品种产生大小年的趋势不同，这在管理幼龄树的负载量时应当考虑进去。对于年年结果的品种，比如嘎拉，我们建议第二年每棵树结果 15~20 个， 第三年 50~60， 第四年 100 个。对于长势弱，大小年趋势强的品种，比如蜜桃，负载量应当只是嘎拉的一半。

(7) 成熟树冠的形状： 高纺锤形的树其实是一个 3 米高的主干，再加上沿主干分布的小的结果枝，如图 4 和图 5 所示。在表 2 中，我们列举简化了的整形方法。想要在前三年达到这样的目标，在栽植时不能对主干进行短截。这样一来，苗木在种植时就有 5~6 英尺高，已经是最终想要的高度的一半了（图 1）。所以，对又高又细的树而言便需要在树叶长全之前获得支撑，要不然树冠就会像船上的帆一样，在大风来临之际，将树木劈断。所以在树木长叶之前，就应架好有 3~4 根铁丝的支撑架。这种 3~4 根铁丝的篱架比一个树桩和一根铁丝的支撑架好，因为它可以减少高密度的种植所带来的成本的上升。也有些使用高纺锤形系统的果农使用一种不太昂贵的竹桩子，绑扎在高低铁丝之间。

侧枝在栽植时或是第一年的夏季，需要被绑缚至水平线以下以诱导结果并控制树冠的宽度（见图 3）。头几年对主干的延长枝通过篱架给与支撑，并且不短截，直到第四、第五年树高达到期望的成熟树的高度，并且开始大量结果才回缩。树的顶端是由小的结果枝构成的，它们也由于果实的重压下弯到水平线以下。高纺锤形狭长的树冠使得大部分的树冠有良好的光照，从而保证了果实的质量。



图 4 幼龄高纺锤形果园的树干有支撑，树冠呈圆柱形，没有永久性侧枝。

长势旺盛的侧枝被去掉，只在树干上留下直径较小的结果枝



图 5 成龄的高纺锤形树有一个主心干，但无永久性侧枝。
长势旺盛的侧枝被去掉，只在树干上留下直径较小的结果枝



图 6 纽约州的一个成龄高纺锤形嘎啦果园

表 2 高纺锤系统简化的整形修剪方案

第一年	
栽植时	种植多分枝的大苗（10~15 侧枝），距离 0.9~1.2×3.3~3.6 米。调整嫁接部位到距地面 15cm 以上。60 cm 以下的侧枝用齐平切的方法去掉。不对主干或侧枝短截。去掉直径超过主干直径 2/3 的侧枝
新梢 7.5-10 cm 时	将顶端主梢下的第二第三侧稍抹掉以防止竞争
五月	安装有 3~4 根铁丝的可以支撑 3 米高的树的支架。在第一轮侧枝之上用永久性树结将主干绑到支架上，并留出 5cm 直径的空隙，给主干留出增粗空间
六月初	将所有超过 25 厘米的侧枝绑扎到水平线以下
第二年	
休眠期	不要短截主干或修剪
新梢 10~15cm 时	对去年生长的主干顶部 1/4 的侧枝摘心，去掉大约 5 厘米（顶芽和 4~5 片幼叶）
六月初	手工疏果，每果 10cm 间隔（目标：15~20 果/树）
六月中	再次对去年生长的主干顶部 1/4 的侧枝摘心。将还在生长的主干主梢用永久性的结绑在支架上
第三年	
休眠期	主干不短截。用斜剪法去掉超过主干直径 2/3 的过于旺盛的侧枝
五月末	根据座果量，树势和天气状况进行化学疏果。然后用手工疏果调整到合适的负载量以保证年年结果和合适的果实大小（目标：50~60 果/树）
六月	将还在生长的主干主梢用永久性的结绑在支架上
八月	轻度夏季修剪以促进树冠内光照分布和果实着色
第四年	
休眠期	主干不短截。用斜剪法去掉超过主干直径 2/3 的过于旺盛的侧枝
五月末	先化学疏果再手工疏果，将负载量调整到保证年年结果，果实大小合适的水平。（目标：100~120 个果/树）
六月	将还在生长的主干主梢用永久性的结绑在支架上
八月	轻度夏季修剪以促进树冠内光照分布和果实着色
成龄的树的修剪（第五到二十年）	
休眠期	通过将主干回缩到结果侧枝，将树高控制在 3 米；每年用斜剪法去除至少 2 个直径大于主干直径 2/3 的侧枝；回缩树冠基部侧枝以方便机械运行和保持果实质量；疏除树冠上部 60cm 内直径大于 2.5cm 的任何侧枝。
五月末	先化学疏果再手工疏果，将负载量调整到保证年年结果，果实大小合适的水平。（目标：100~120 个果/树）
八月	轻度夏季修剪以促进树冠内光照分布，保持金字塔状的树形

(8) 更新修剪： 如果能够保持树的顶端较窄以及良好的营养长和生殖生长的平衡，随着树的年龄增长，就仍能保证良好的光照分布和果实质量。对于高纺锤形系统而言，将树的形状保持圆锥状，对于光照的分布、结果和果实的质量至关重要（图 6）。根据我们的经验，随着树龄的增长，保证树冠内光照良好分布的最佳方法是将长得过大的侧枝整个去掉，而不是将它们回缩。管理树的顶端的一个较成功的方法是每年将一两个上部的侧枝完全去掉。为了保证替代枝的形成，去掉侧枝时应有一个角度，也就是使用斜剪法。这样一来，截口处的下部会有一小截树桩留下。从这一小截树桩下方往往会有长势较弱，往水平方向生长的替代枝生成。如果不对这些替代枝进行短截，它们会在果实的重量下自然下垂。将这样的修剪法年年反复，树的顶端可以完全由年轻的结果枝构成。年轻的枝条与较老较大的枝条相比，不会产生太大的遮阴，并且自然要比下部的侧枝短，所以保持了树冠的圆锥形。当使用这种被称做侧枝的更新修剪策略时，可以维持树体在整个生命周期中保持良好的光照分布。

3. 高纺锤形系统在纽约州的表现

我们从 1997 年开始在 Geneva 测试高密度和低密度 (Robinson, 2005) 的高纺锤形系统 (3 英尺 × 11 英尺)。在我们去年纽约果树季刊的报告中，高纺锤系统是产量第二高的系统，仅仅低于种植密度高很多的超级纺锤形系统。不幸的是，当我们试验时，无法在美国获得多分枝的大苗，而多分枝的大苗对获得高纺锤形系统的最佳表现是至关重要的。我们使用的苗木只有 3~5 个侧枝，而不是较理想的 10~15 个侧枝。所以我们的测试结果不能完全反映出分枝更多的大苗的潜力。

2002 年，我们在 Champlain Valley 进行了新一轮试验。这一次，我们使用了有 6~8 个侧枝的大苗，四年以后的结果很让人印象深刻，如图 7 所示。对于旭和蜜脆，高纺锤形系统的产量是更传统的垂直主干形的两倍。就旭而言，产量在第四年达到了 771 蒲式耳/英亩，蜜脆达到了 578 蒲式耳/英亩。看起来，高纺锤形系统不仅较易管理，产量也高。

今年 (2006)，我们又在 Hudson Valley 和 Wayne County 建立了两个高纺锤形的试验园。这次我们使用了嘎拉，蜜脆和富士，并获得了由 8~10 个分枝的大苗。因为有了更好的大苗，我们期望这次获得更高的产量。

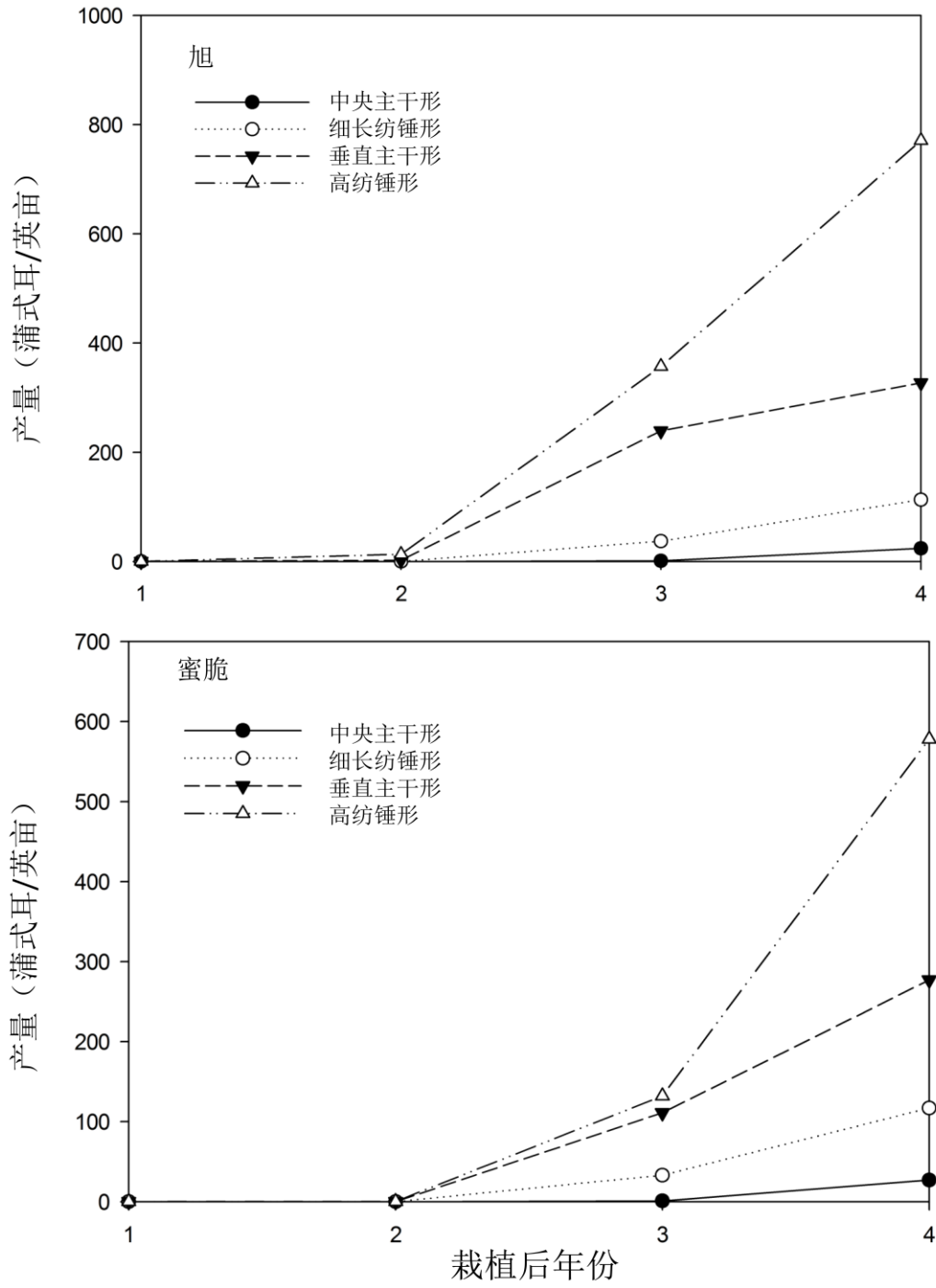


图 7 种有蜜脆和旭的四种果园系统头四年在纽约州 Champlain Valley 的表现

结论

建立新果园时的主要目标是达到最初几年产量的最大化，并同时确保成龄期仍能够继续生产大量高质量的苹果。高纺锤形系统通过结合以下几点达到上述目标：高密度种植；使用有很多小侧枝而不是少数大侧枝的多分枝的苗木；栽植时和头三年的修剪量小；栽植时通过对较大侧枝的拉枝来调整枝角，以促进结果并防止后来由于过强的骨干枝带来的管理上的困难；有计划的去掉直径过大的侧枝来保证树体易于管理。因为“大枝造大树”，所以高纺锤形树没有大的骨干枝，只有小的侧枝。根据我们最近的经济效益分析，高纺锤形系统在纽约州的最佳种植密度是1000~1100株/英亩（图8）。纽约州的果农使用这个系统的效果非常好。

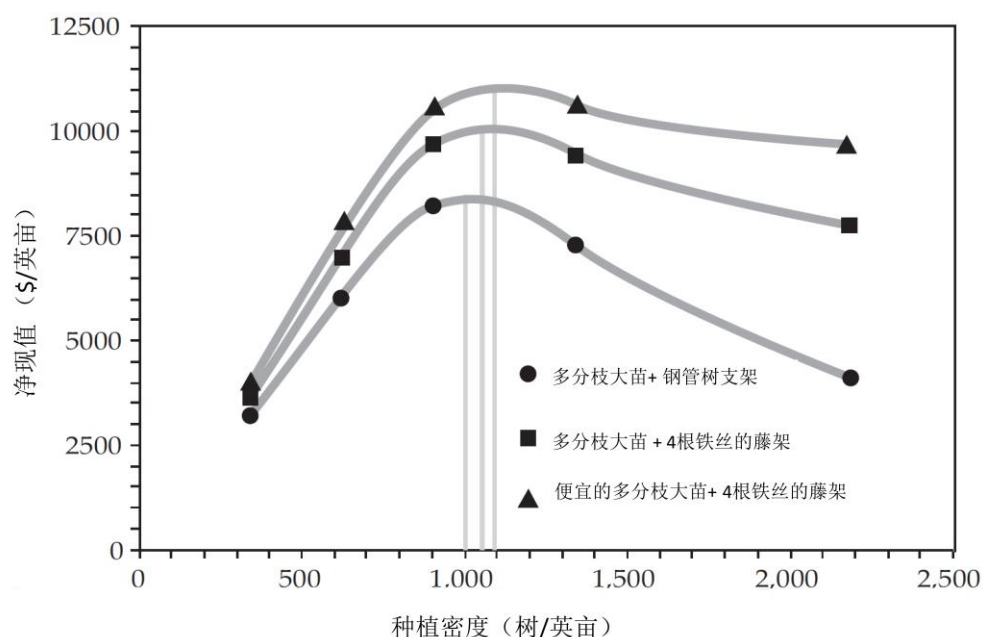


图 8 种植密度对 20 年后果园效益的影响（净现值/英亩）

参考文献

- [1]Balkhoven-Baart, J.M.T., Wagenmakers,P.S., Bootsma, J.H., Groot, M.J. and Wertheim S.J. (2000) Developments inDutch apple plantings. Acta Hort. 513, 261-269.
- [2]Lespinasse, J. M. (1980) La conduite dupommier. II. – L'axe vertical. La r novation de verges. INVUFLEC (Ed.), Paris.
- [3]Nÿberlin, F. (1993) The super spindle apple orchard system. Compact Fruit Tree 26,17.
- [4]Oberhofer, H. (1987) Schnitt der schlanken spindel. 83p. Sÿdtiroler Beratungspring Fÿr Obst-und weinbau. Lana, Italy.
- [5]Robinson, T.L. 2005. Should New York apple growers move up to higher tree densities? Part I. New York Fruit Quarterly 13(1):27-31.

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