

果园精准灌溉管理

Terence Robinson, Alan Lakso and Leo Dominguez

康奈尔大学园艺系，纽约州立农业试验站（NYSAES），Geneva，纽约，14456

“在干旱的夏季，苹果园灌溉对生产大果是不可或缺的。目前我们利用纽约州、麻萨诸塞州、佛蒙特州、NY、宾西法尼亚州气象站的气象数据，建立了一个新的基于网络平台的灌溉模型（康奈尔大学苹果灌溉模型），供苹果种植者根据树龄大小、种植密度决定灌溉量。这个模型也有助于美国东部地区果农在潮湿、多雨的气候条件下更精确地管理土壤水分，以连续收获到最适宜果实大小”

连续获得适宜果实大小的高品质的苹果对果农的收益至关重要。负载量和水胁迫是两个最重要的生物学和管理因素。连年生产大果需要精确控制负载量和树体水分状况。水分精准管理对防止果树在干旱的夏季发生水分胁迫和影响果实大小是不可或缺的。市场上要求果农提供单果重为 160–200g 的苹果，为了获得理想的果实大小，种植者一般在春季通过化学药剂疏果来适当地减少负载量，但如果夏季非常干旱，就很难达到理想果实大小，经济收益大打折扣。因此，为了获得理想果实大小，精确化学疏果和精准灌溉缺一不可。

水分精准管理的第二个重要作用是促进新栽树和幼龄树的生长。密植园获得较高的经济效益依赖于移栽后第3年、第4年和第5年获得高产，从而抵消投入成本。为获得预期的高产，需要在移栽后前三年使树体得到最佳生长。但我们发现，密植园的最大问题之一是在移栽后前3年树体经常得不到充足的生长。Gerling（1981）通过对20年树龄果园的经济效益评估，指出如果早期树体生长较弱会抑制树冠大小发展，使投资增加20%，并且总收益会降低66%。而影响树体生长的主要问题是移栽后前3年的供水不足。在美国东北部果树生长和发育关键期，果园生长季节通常会发生雨水供应不足的现象。每10年中有3年，严重缺水现象经常发生在6、7或8月份。

美国东部地区果园水分精准管理的第三个重要作用是有利于促进根系从土壤中吸收钙和其它矿质元素。当土壤干旱或树体遭受水分胁迫时，许多营养元素的吸收受到限制，因为营养元素的吸收必须溶解在土壤溶液中根系才能吸收。Sergio Lopez和Terence Robinson在Geneva的研究结果表明，在不同生长季节出现缺水2周的现象会导致蜜脆苹果发生苦痘病。最易遭受水分胁迫的时期是5月份开花期和花后的一段时期以及7月份。而水分精准管理可以保证根系对土壤中钙的稳定吸收，从而降低苦痘病发生。

滴灌可以达到上述三个重要效果（增加果实大小、促进幼树生长和产量提高及改善苦痘病），因此，在美国东部地区湿润气候区许多密植园果农逐渐采用滴灌系统，以保证成功进行密植栽培。但是，由于很难确定盛果期果树和幼龄未挂果树的需水量，因此种植者通常凭经历、感觉、经验，或者采用农作物系数模型来确定需水量。

康奈尔苹果灌溉模型

2006年, Lakso 教授和他的研究生Danilo Dragoni (Dragoni and Lakso, 2010) 建立了一个数学模型, 用来计算苹果树的水分利用量。该模型是在著名的Penman-Monteith模型基础上发展而来。Penman-Monteith模型是通过田间草坪的生长和气象变量来计算水分利用的, 而新建立的康奈尔苹果水分蒸发蒸腾总量模型依据果园非连续树冠而不是依据对作物系数(Kc)的矫正, 可以做到比Penman-Monteith模型更精确地估计苹果园水分利用量。

2011年和2012年我们开发了一种基于网络平台的工具——采用水分蒸发蒸腾损失总量(ET模型)的输出量来估计幼龄、中等以及老苹果园的每天或每周的需水量。这个网络平台已经放在NEWA网站上, 允许种植者和咨询专家每天或每周根据当地(NEWA)或局部气象站(机场)的气象资料, 通过该模型来预测果园需水量。

使用者可以选择离他们最近的气象站的数据, 输入果园位置、树龄(图1)信息。该模型可以通过气象站提供的过去7天内的气象资料及天气预报的后7天的天气状况(图1), 计算和显示该果园过去7天及随后6天内该果园的水分需要量, 计算得到的水分平衡量用加仑/英亩来表示。如果该数据是负值, 表明果园需要灌溉; 如果是正值, 表明最近降雨量超过了果园蒸散量, 供水量超过了需水量, 果园不需要灌溉。由于降雨量在不同地区相差很大, 气象站资料可能不能代表使用者果园真实的降雨量, 因此, 该网站还允许使用者输入自己记录的降雨量。

该模型的特点是考虑了降雨量, 并从树体需水量中减去了降雨量; 也考虑了不同园龄果园果树的有效根系分布面积, 从而只将这部分根系所能吸收的降水量计算树在内。

精准水分管理

该新模型和网站与以前的模型相比, 不管是干旱还是湿润年份, 都能更精确地进行水分精准管理。精准管理土壤水分需要:

种植者和咨询专家每周登陆NEWA网站(<http://www.newa.cornell.edu>), 根据他的果园所在位置和树龄, 决定之前和之后的每周内每日需水量。

通过滴灌系统来灌溉, 完全替代按经验估计需水量。

为了避免土壤水分过饱和, 我们建议在大雨(0.5英寸以上)前1天或大雨后3天, 不要使用该模型(图2)。

根据土壤类型决定灌溉的频率。沙质土壤上可以每天或每两天滴灌一次; 壤土或粘土上可以将几天需水量相加后一次滴灌。

在生长季早期(五月上旬到六月中旬), 建议沙土和粘土上每周滴灌一次。从6月中旬到八月下旬, 建议粘土上每周两次、沙土上隔天进行滴灌。

NEWA Apple ET Model

Weather Station:

Select Date:

Map
Results
Help

Apple ET Model for Williamson (Demarree)

Change green tip date or tree density and click "Calculate" to recalculate results. Changing "Age of Orchard" will automatically recalculate table.

Green tip date	In row spacing	Between row spacing	Trees per acre	Age of orchard	Water balance
3/18/2012	3 feet	12 feet	1210	Mature	

Apple Evapotranspiration Model Results

Date	Model ET (liters/tree)	Orchard ET (liters/tree)	Orchard ET (gallons/acre)	Rainfall (inches)	Available Rainfall (gallons/acre)	Water Balance (gallons/acre)
Jul 1	24.07	10.3	3294	0.00	0	-3294
Jul 2	31.92	13.66	4368	0.00	0	-4368
Jul 3	20.25	8.67	2771	0.00	0	-2771
Jul 4	34.99	14.98	4788	0.00	0	-4788
Jul 5	30.88	13.22	4226	0.00	0	-4226
Jul 6	33.82	14.48	4628	0.00	0	-4628
Jul 7	15.19	6.5	2079	0.20	3802	1723
Jul 8	30.33	12.98	4150	0.00	0	-4150
Jul 9	33.01	14.13	4517	0.00	0	-4517
Jul 10	31.96	13.68	4373	0.02	380	-3993
Jul 11	35.32	15.12	4833	0.00	0	-4833
Jul 12	29.31	12.55	4011	0.00	0	-4011
Jul 13	28.90	12.37	3955	0.00	0	-3955
Jul 14	31.48	13.48	4308	0.00	0	-4308

You can enter your own rainfall amounts and click "Calculate" to recalculate the water balance.

图1 网站显示2012年在Williamson的夏季灌溉模型。

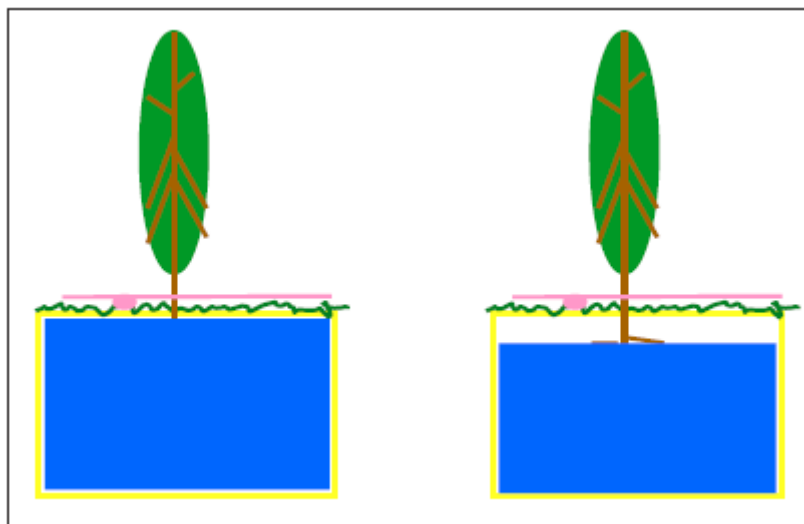


图2 遇到大雨时，避免土壤存留过多水分，使其保持在田间土壤最大持水量的90%的示意图。

2012年试验结果

2012年我们采用了该模型计算纽约西部一个盛果期和一个新植高纺形果园的蒸腾量和需水量。盛果期果园每天的水分需要量表明，生长早期树体蒸腾失水量大约是1000加仑/英亩，夏季则达到4000-5000加仑/英亩（图3）。新植高纺形果园由于树小、叶面积小，需要较少的水分（不超过500加仑/英亩/天）。每天有效降雨量变动较大，但2012年总体上是一个干旱年份，降雨量很少超过1/4英寸（7000加仑/英/天）（图4）。新植果树通常获得的有效降雨量不超过1000加仑/英亩/天。

如果降雨量与树体需水量的差值是负值，表明需要灌溉；如果是正值，表明不需要灌溉。2012年只有20天是自然供水量大于需水量，有100多天都是自然供水量低于需要量（图5）。

2012年从萌芽期开始的果园累积蒸腾量和降雨量图显示，成龄树6月10日之前降水量足以满足果树的水分需要量；6月10日之后，水分需要量超过了降水量（图6），需要灌溉。新植园幼树在5月27日之后水分需要量超过了降水量，表明幼树需要更早进行灌溉。从这些数据我们可以看出，2012年对灌溉有显著需求。这些数据也表明精准管理土壤水分和及时补水是非常必要的。如果种植者等到累积水分亏缺很大时再滴灌补水，将会很难满足果树的需求状况。

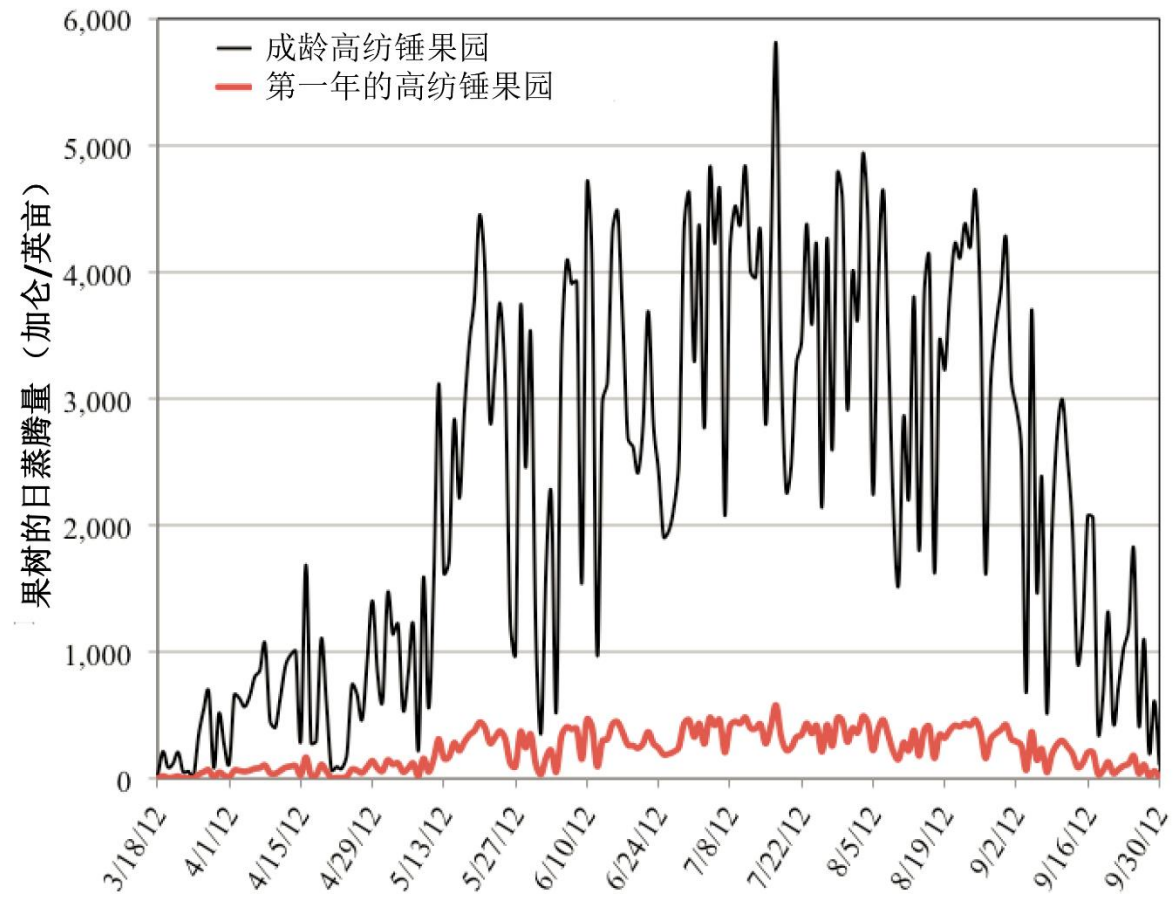


图3 2012年纽约州Williamson地区盛果期和新植园高纺锤形苹果园每日蒸腾量。

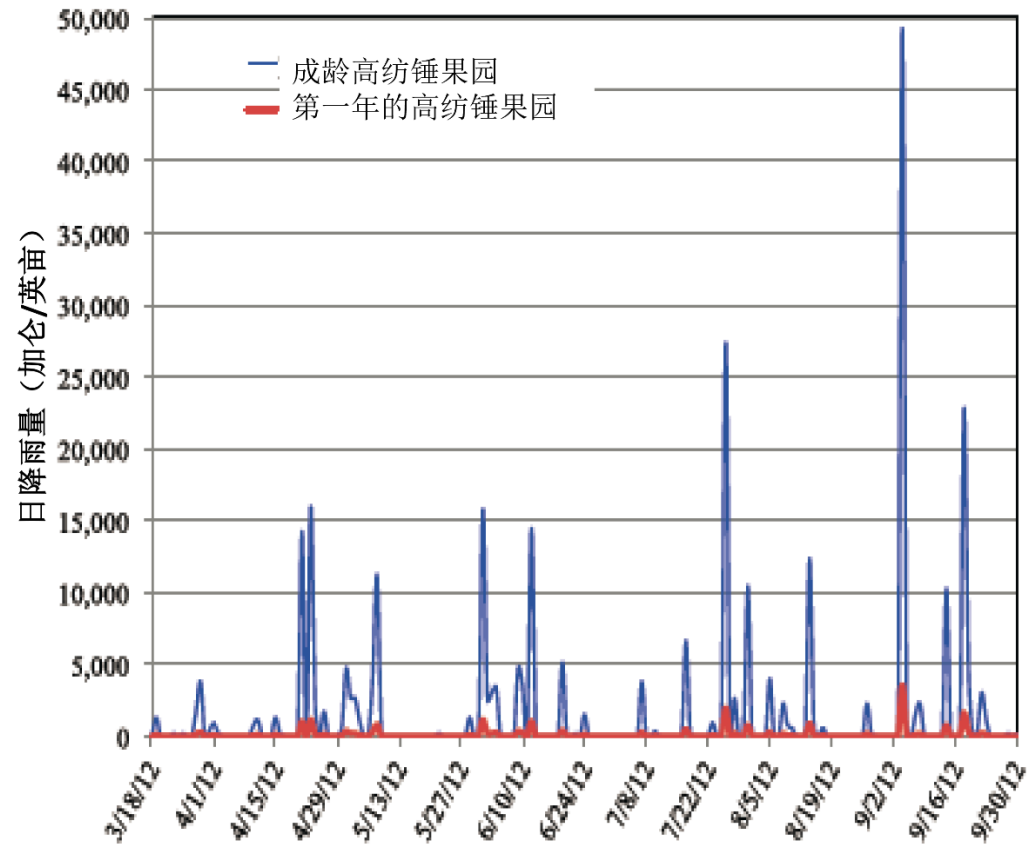


图4 2012年纽约州Williamson地区盛果期和新植园高纺锤形苹果园每日降雨量。

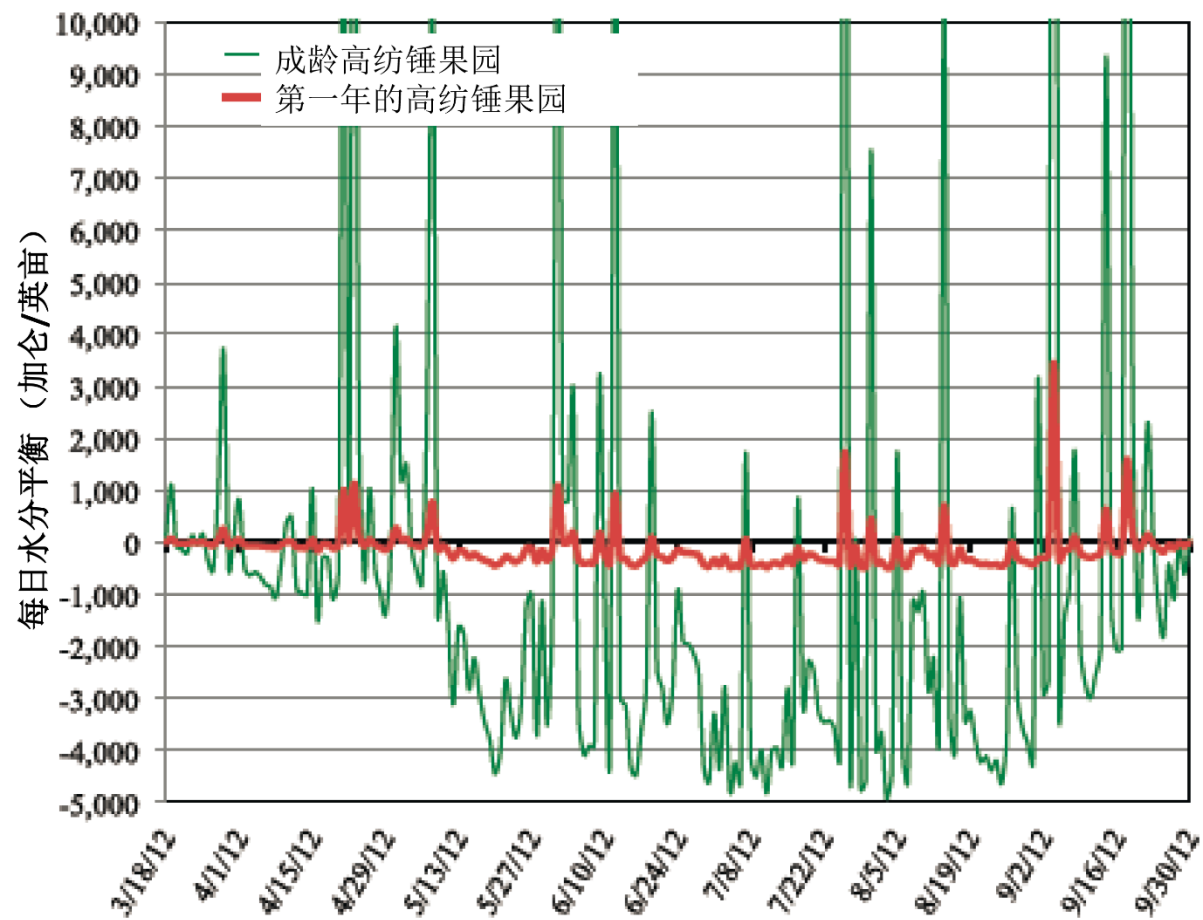


图5 2012年纽约州Williamson地区盛果期和新植园高纺锤形苹果园每日水分盈余状况。

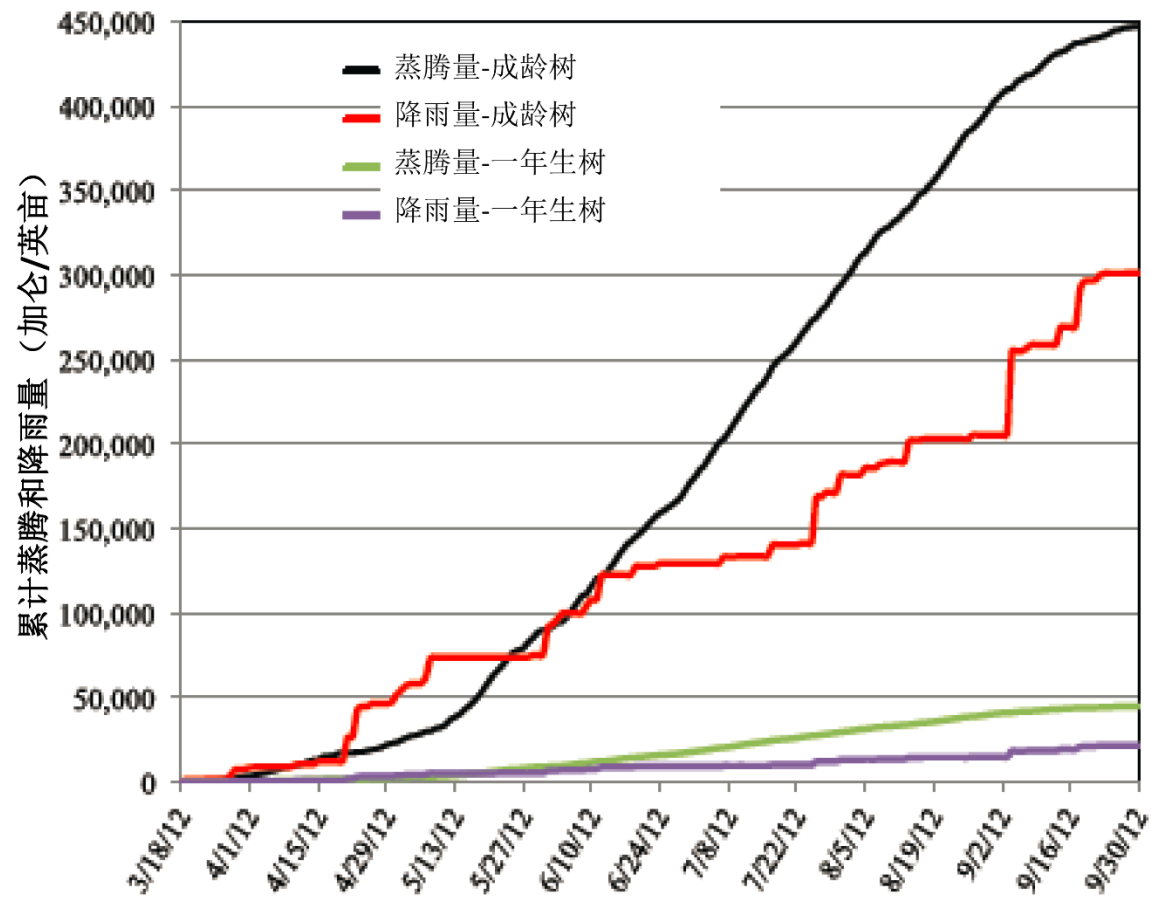


图6 2012年纽约州Williamson地区盛果期和新植园高纺锤形苹果园累计蒸腾量和降雨量。

小结

无论负载量多大，灌溉对于果实生长都有至关重要的作用。生长季中任何时候发生水分胁迫都会降低果实生长速率，对果实生长造成永久性的影响，很难恢复。水分胁迫还影响果实钙的吸收，导致苦痘病。水分精准管理技术可以使种植者能够降低发生水分胁迫的可能性，以便持续性地获得最佳果实大小和适宜的钙含量。新的康奈尔苹果灌溉模型能够使美国东部湿润并时常多雨区的种植者能更精确地管理土壤水分。将来，利用自动电子灌溉系统，种植者可以根据天气预报更精确地补充每天的需水量。

翻译：董彩霞博士，康奈尔大学园艺系访问教授

校审：程来亮教授，康奈尔大学园艺系果树学教授