

# 充分微喷灌溉条件下苹果树耗水量的研究

黄兴法 李光永 王伟 曾德超 孙乃健

(中国农业大学机械工程学院)

**摘要** 1999 和 2000 年度在北京昌平富士苹果基地对充分微喷灌条件下苹果树生育期耗水量进行了田间试验,得到了不同生育期苹果树的日均耗水量和蒸发皿系数。1999 和 2000 年年均耗水量分别为 610 和 590 mm, 年均蒸发皿系数分别为 0.62 和 0.61。

**关键词** 微喷灌; 苹果树; 耗水量

**中图分类号** S 274.1

## Water Use of Micro-Sprinkler Irrigated Apple Trees Under Condition of Full Irrigation

Huang Xingfa Li Guangyong Wang Wei Zeng Dechao Sun Naijian

(College of Machinery Engineering, CAU)

**Abstract** Apple trees grown on a loam soil at Changping Site, Beijing, were fully irrigated with micro sprinkler during the whole growing season. Experiments of tree water use were carried out for 2 years. Similar results were obtained for both study years of 1999 and 2000. The daily water use and crop factor were calculated and analyzed, and the calculated annual water use of apple trees were between 590mm and 610mm, the annually averaged crop factors were 0.61~ 0.62 for full irrigation.

**Key words** micro sprinkler irrigation; apple trees; water use

近几年来微喷灌技术在我国发展迅速, 现已广泛应用于果树的节水灌溉。但是, 目前对于充分灌溉条件下苹果树微喷灌的耗水量和耗水过程的研究, 特别是对于制定灌溉计划十分重要的果树不同生育阶段蒸发皿系数的研究有待于深入<sup>[1,2]</sup>, 为此笔者进行了试验研究。

### 1 试验材料与方法

试验在北京市昌平区南邵乡何营村果园——北京昌平富士苹果基地进行。试验地土壤为均质壤土; 果树为苹果树, 树龄 10 a, 主品种为富士。每隔 3 行富士为 1 行授粉树, 授粉树品种为陆奥; 本试验主要以富士苹果树作为研究对象。果树的株行距为 3m × 5m。经测定, 90% 以上的根系集中于 0.8m 土层内。富士苹果树在该地区一般为 4 月上旬开花, 10 月底收获。该地区多年平均降水量 644.2mm, 多集中在 6 至 8 月, 约占全年降水量的 75%。田间试验用气象站设在距试验地 500m 处。

收稿日期: 2001-03-22

博士点专项研究基金资助项目

黄兴法, 北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区) 146 信箱, 100083

整个苹果树生育期按照 80% 的中式蒸发皿蒸发量进行灌溉 (即充分灌溉), 一般每周灌溉 1 次, 实际的时段灌溉量和灌溉时间根据土壤含水量、蒸发量及降雨量确定。

将 3 行富士苹果树分为 3 个小区, 每个小区内选择 5 棵树, 其中外侧 2 棵为隔离树。试验处理行的两侧各有 1 行隔离树行, 其灌溉方式与试验处理行相同。设置隔离树和隔离行的目的是为了消除其他处理的影响。沿每行果树均布置 1 条微喷灌毛管, 微喷头位于果树行 2 棵果树中间, 间距 300 cm, 流量  $40\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ 。所有的苹果树施肥量和施肥方式均相同。

土壤基质势: 利用石膏块和负压计测量, 每周 1 次, 石膏块和负压计位于树行中间处, 石膏块和负压计埋深分别为 20, 50, 80 和 120 cm。

土壤含水率: 用时域反射仪 (TDR) 测定, 时域反射仪传感器埋于 2 树行中间距离树行分别为 60, 140 和 250 cm 处, 测定深度为 20, 50, 80 和 120 cm。

果实生长量: 每棵树选 10 个果, 共选 180 个果, 每周测量 1 次果实直径, 计算果实体积。

枝条生长量: 测定数目同果实生长量, 每周测量 1 次。

产量: 测定每棵树的果实个数、单果质量和平均产量。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 土壤基质势的季节变化

1999 和 2000 年土壤基质势的变化趋势基本相同。由于土壤基质势值总是小于等于 0, 图 1 中用土壤水吸力 (土壤基质势的负值) 来表示 2000 年苹果园土壤基质势的变化情况。

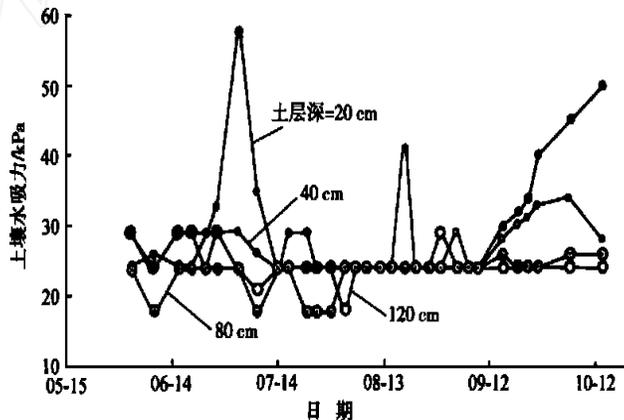


图 1 2000 年苹果园土壤基质势变化情况

除表层 20 cm 深度的土壤基质势在 7 月 4 日、8 月 20 日、9 月底至 10 月上旬达到 -50~-70 kPa 外, 其他日期的各土层深度土壤基质势均保持在 -24 kPa 左右。这说明在整个苹果树生育期, 充分灌溉处理的各土层深度土壤水分均处于无亏缺状态。

### 2.2 灌水量与耗水量

1999 年苹果树生育期 (4 至 10 月) 降水量 405.8 mm, 主要集中于 7 至 9 月份, 达到 290.4 mm, 约为整个生育期降水量的 71.6%; 生育期间灌溉水量为 331.1 mm。2000 年生育期 (4 至 10 月) 降水量达 500.8 mm, 比 1999 年增加 100 mm, 主要集中于 7 和 8 月份, 达到 364.5 mm, 约为生育期降水量的 72.8%; 生育期间灌溉水量为 297.0 mm (表 1)。

表1 试验期间蒸发量、降水量和灌溉量

mm

月 份	1999年(04-17至10-12)			2000年(04-18至10-21)		
	蒸发量	降水量	灌溉量	蒸发量	降水量	灌溉量
4	64.7	6.7	120.0	52.0	6.0	120.0
5	188.7	47.7	70.4	182.0	65.3	32.0
6	202.4	41.1	73.6	201.3	10.3	105.0
7	163.8	149.5	0	182.5	215.4	0
8	134.9	85.2	17.1	130.9	149.1	0
9	106.4	55.7	0	118.4	40.5	10.0
10	31.3	19.9	50.0	96.4	14.2	30.0
合 计	992.2	405.8	331.3	963.5	500.8	297.0

耗水量的计算公式为

$$W_{ET} = W_0 - W_t + I + P - S + D$$

式中:  $W_{ET}$ ——时段内耗水量;

$W_0$ ——时段初土体内保持水量;

$W_t$ ——时段末土体内保持水量;

$I$ ——时段内灌溉量;

$P$ ——时段内降水量;

$S$ ——时段内深层渗漏量;

$D$ ——时段内地下水补给量。

经田间实测, 苹果树 90% 的根系在表层 80 cm 深度内, 本次试验中土壤含水量测定深度达 120 cm, 并且该深度的土壤含水量在整个生长季节基本没有变化。故本研究以 120 cm 深的土层作为有效灌溉深度, 超出此深度的水量对果树来说为无效水; 并认为, 深层渗漏量与地下水补给量为 0 ( $D = 0, S = 0$ )。

1999 和 2000 年苹果树日均耗水量的季节变化趋势基本相同, 图 2 示出 2000 年苹果树生育期日均耗水量的变化情况。4 月中旬苹果树开花, 有一定的耗水量; 此后, 苹果树新梢开始快速生长, 日均耗水量逐渐增加, 到 5 月中旬达每日 3 mm; 5 月下旬到 6 月上旬, 每日达 3~5.8 mm; 6 月中旬至 7 月初, 日均耗水量为 5.8~8 mm; 至 7 月中旬日均耗水量维持在 8 mm

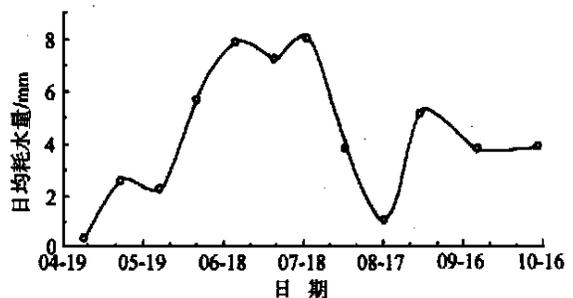


图2 2000年苹果树生育期日均耗水量

左右。7 月下旬后, 由于果实开始进入成熟期, 耗水量逐渐减少; 由 9 月下旬到 10 月中旬收获这段时间, 日均耗水量为 4 mm 左右。

蒸发皿系数为时段内日均耗水量与日均蒸发皿蒸发量的比值。对于果农来讲, 蒸发皿蒸发量测定操作简单, 仪器也比较便宜, 在美国、澳大利亚、以色列等国, 利用蒸发皿系数田间实时

制定灌溉计划已非常普遍。本文中的蒸发皿系数均是对 20 cm 口径的中式蒸发皿而言。

蒸发皿系数的季节变化趋势与日均耗水量的变化趋势基本相同。从图 3 可以看出, 4 月底花期结束, 蒸发皿系数为 0.1 左右; 此后春梢开始快速生长, 到 5 月中旬蒸发皿系数约为 0.5; 6 月份蒸发皿系数变化较大, 为 0.5~ 1.4; 7 月上旬到中旬, 蒸发皿系数保持在 1.3~ 1.4 之间; 7 月下旬到 8 月中旬蒸发皿系数从大到小, 范围在 1.2~ 0.4 之间; 从 8 月中旬一直到收获, 蒸发皿系数基本保持在 0.4 左右。

1999 年苹果树生育期累积蒸发量为 992.2 mm, 累积耗水量 610.3 mm, 年均蒸发皿系数 0.615。2000 年苹果树生育期累积蒸发量为 963.5 mm, 累积耗水量 591.2 mm, 年均蒸发皿系数 0.613。图 4 示出 2000 年苹果树发育期累积蒸发量和耗水量。

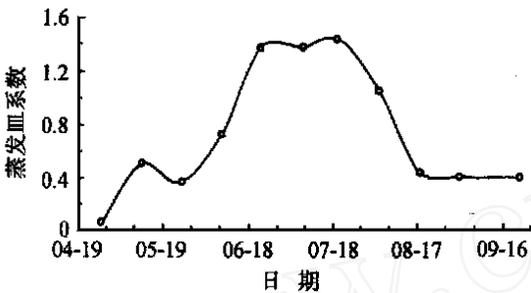


图3 2000年苹果树生育期蒸发皿系数

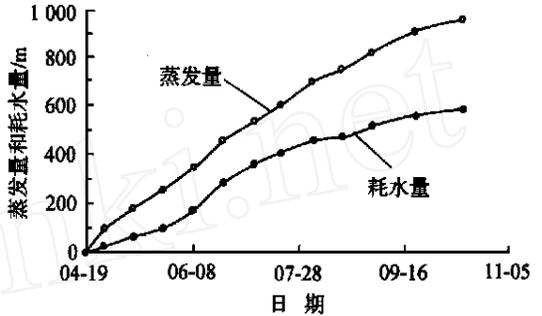


图4 2000年苹果园累积蒸发量和耗水量

### 2.3 枝条和果实的生长及果实产量

枝条生长曲线见图 5, 果实生长曲线见图 6。

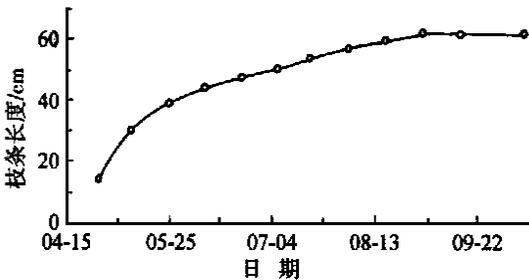


图5 2000年枝条生长曲线

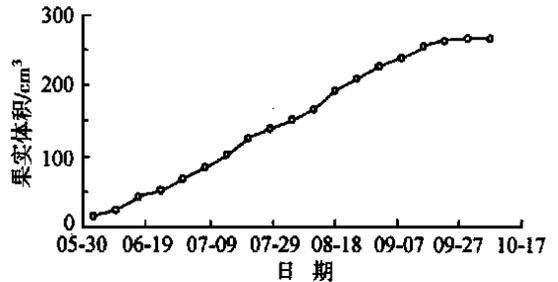


图6 2000年果实生长曲线

苹果树果实生长与桃树果实相比有较大的差异, 它不呈双S形, 而呈抛物线形; 因此任何

时期进行调亏灌溉均会不同程度地影响果实的生长及产量。如果要对苹果树进行调亏灌溉处理, 必须考虑到这方面的影响因素。充分灌溉处理下苹果果实产量见表 2。可以看出, 1999 与 2000 年相比, 单棵果树的平均产量有一定的差异, 无论是单棵果树的平均产量、果实个数, 还是单果质量, 2000 年均略高于 1999 年。

表 2 苹果树平均产量、平均果实个数和单果质量

年份	平均产量 / (kg·棵 <sup>-1</sup> )	平均果实个数 / (个·棵 <sup>-1</sup> )	单果质量 / kg
1999	66.18	315.3	0.210
2000	75.08	331.7	0.226

### 3 结 论

1) 在充分微喷灌溉条件下, 生长期苹果树日均蒸发皿系数变化在 0.1~ 1.4 之间, 其中在生长初期和接近收获阶段其值较小, 在 0.1~ 0.4 之间; 生长中期的 6 月中旬至 7 月中旬达到最大, 在 1.3~ 1.4 之间。

2) 在充分微喷灌溉条件下, 成龄苹果树(树龄 10 a 左右) 年均耗水量为 590~ 610 mm, 年均蒸发皿系数为 0.61~ 0.62。

3) 苹果果实产量(单棵果树的平均产量、果实个数和单果质量), 2000 年比 1999 年略高, 但相差不大。

### 参 考 文 献

- 1 曾德超, 彼得·杰里主编 果树调亏灌溉密植节水增产技术的研究与开发 北京: 北京农业大学出版社, 1994 169p
- 2 Mitchell P D, Goodwin I Irrigation of Vines and Fruit Trees Melbourne: A G M E D I A, 1996 198p