

技 术 简 报

第 06 期

国家苹果产业技术体系

2015 年 2 月 1 日

果园滴灌施肥技术概述

土壤与营养研究室 姜远茂

水肥一体化技术狭义来讲，就是通过灌溉系统施肥，作物在吸收水分的同时吸收养分。通常与灌溉同时进行的施肥，是在压力作用下，将肥料溶液注入灌溉输水管道而实现的。溶有肥料的灌溉水，通过灌水器（喷头、微喷头和滴头等），将肥液喷洒到作物上或滴入根区。广义讲，就是把肥料溶解后施用，包含淋施、浇施、喷施、管道施用等。水肥一体化的前提条件就是把肥料先溶解。然后通过多种方式施用。如拖管淋施、喷灌施用、微喷灌施用、滴灌施用等。其中滴灌施用由于延长了施肥时间，效果最好，最节省肥料。

滴灌施肥是一种精确施肥法，只施在根部，显著提高肥料利用率，与常规施肥相比，可节省肥料用量 30~50%以上；大量节省施肥劳力，比传统施肥方法节省 90%以上；施肥速度快，千亩面积果

园的施肥可以在 1 天内完成；灵活、方便、准确地控制施肥时间和数量；增强果树抵御不良天气的能力；有利于防止肥料淋溶至地下水而污染水体；有利于实现标准化栽培；由于水肥的协调作用，可以显著减少水的用量，加上设施灌溉本身的节水效果，节水达 50% 以上；滴灌施肥可以减少病害的传播，特别是随水传播的病害；滴灌施肥只湿润根层，行间没有水肥供应，杂草生长也会显著减少；滴灌可以滴入农药，对土壤害虫、线虫、根部病害有较好的防治作用；对于较粘重土壤，将滴灌管埋于一定土层深度，通过空气压缩机向土壤灌气，解决根部缺氧问题；由于滴灌容易做到精确的水肥调控，在土层深厚的情况下，可以将根系引入土壤底层，避免夏季土壤表面的高温对根系的伤害；滴灌施肥可以根据果树的需肥规律施肥；滴灌施肥由于精确的水肥供应，果树生长速度快，可以提前进入结果期并显著地增加产量和改善品质。

一、设施要求

在建立滴灌系统的基础上，添加施肥装置即可实现果园灌溉与施肥的一体化。根据滴灌系统布置的不同，可以采用多种施肥方法。常用的有重力自压施肥法、泵吸肥法、泵注肥法、旁通罐施肥法、文丘里施肥法、比例施肥法等。具体采用何种施肥方法要咨询专业人员或参考更详细的资料。

滴灌的类型有压力补偿式（用于地势高低不平地块）和非压力补偿式（用于平地）两种，滴灌管设置根据土壤类型和树体大小，土壤疏松或树体较大采用双带，否则采用单带，对于乔化大树可采

用环绕式滴管带。滴灌管悬挂高度不宜超过 50cm。

滴灌的关键是防堵塞。选择合适的过滤器是滴灌成功的先决条件。常用的过滤器有砂石分离器、介质过滤器、网式过滤器和叠片过滤器。前两者做初级过滤用，后两者做二级过滤用。过滤器有很多的规格，选择什么过滤器及其组合主要由水质决定。这是较专业的问题，最好由专业人士设计和选择。

二、对水和肥料要求及原则

1、对水的要求

由于滴头为精密部件，对灌溉水中的杂质粒度有一定的要求，滴灌要求粒度不大于 120 目，才能保证滴头不堵塞。如果水源过滤措施和设备符合要求，井水、渠水、河水、山塘水等都可以用于滴灌。因此，水源过滤设备是滴灌系统的核心部件，大多数滴灌系统不能正常工作都是因过滤设备不符合要求或疏于清洗过滤器引起的。

2、对肥料的要求

表 1 部分可溶性肥料之间的相容性

	尿素	硝酸铵	硫酸铵	硝酸钙	硝酸钾	氯化钾	硫酸钾	磷酸铵	硫酸铁 锌铜锰	氯化铁 锌铜锰	硫酸 镁
尿素											
硝酸铵											
硫酸铵											
硝酸钙											
硝酸钾											
氯化钾											
硫酸钾											
磷酸铵											
硫酸铁 锌铜锰											

氯化铁				■				■			
锌铜锰				■			■	■			
硫酸镁				■			■	■			

■ 表示不相溶； ■ 表示降低溶解度； □ 表示相容

只要是能溶于水（最好是不溶性杂质含量低于 0.5%）的化肥都能够通过滴灌系统来施用。最好选用水溶性复合肥，溶解性好，养分含量高，养分多元，见效快。部分有机肥，如鸡粪、猪粪要经过水沤腐，取其滤清液使用。肥料配比上要考虑可溶性肥料之间的相容性（参考表 1）。根据“数量减半、少量多次、养分平衡”为原则，注入肥料总量为土壤施肥总量的 50%左右。

肥料选择与施用注意的几个问题：

- 选用溶解性好且养分纯度高的微灌专用肥料。选择好的肥料对延长设备寿命有重要作用。
- 防止不同肥料混配产生不溶物沉淀。混配后产生沉淀的肥料可以采取分别分期注入的办法。
- 减少磷肥的注入量，磷肥量的大部分采取基施。
- K_2O 源肥料的施用： K_2O 可以由 K_2SO_4 、 KCl 和 KNO_3 共同提供， K_2SO_4 一般作基肥， KCl 和 KNO_3 用作灌溉施肥； KCl 和 KNO_3 用量以不超过 $0.6kg/m^3$ 水为宜。
- 微肥的施用：灌溉施硼肥的效果好于锌肥(因为锌肥容易被土壤固定)；注射硼肥时，灌溉水中硼浓度控制在 $1mg/L$ 以下。

三、水肥一体化方案

盛果期苹果施肥比例 N: P_2O_5 : K_2O 为 2:1:2 ~ 2.1，各个时期氮

肥用量见表 2，水肥一体化方案见表 3。

表 2 不同产量水平氮肥用量

目标产量 (kg/亩)	1000	2000	3000	4000	5000	6000
施氮量 (Nkg/亩/年)	4	8	12	16	20	24

表 3 盛果期水肥一体化方案

生育时期	灌溉次数	灌水定额 (m ³ /亩.次)	每次灌溉加入养分占总量比例 (%)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
萌芽前	1	25	0	30	0
花前	1	20	10	10	10
花后 2-4 周	1	25	20	10	10
花后 6-8 周	1	25	10	10	20
果实膨大期	1	25	10	0	30
采收前	1	15	0	0	10
采收后	1	20	50	40	20
封冻前	1	30	0	0	0
合计		185	100	100	100

四、水肥一体化技术应用中的几个常见问题解答

1、在滴灌施肥过程中如何避免过量灌溉？

滴灌施肥只灌溉根系和给根系施肥。因此一定要了解果树根系分布的深度。最简单的办法就是用小铲挖开根层查看湿润的深度，从而可以判断是否存在过量灌溉。或者地里埋设张力计监控灌溉的深度。

2、在雨季土壤不缺水，如何通过滴灌系统施肥？

在土壤不缺水的情况下，施肥要照常进行。一般等停雨后或土壤稍微干燥时进行。此时施肥一定要加快速度。一般控制在 30 分钟左右完成。施肥后不洗管，等天气晴朗后再洗管。如果能用电导率仪监测土壤溶液的电导率，可以精确控制施肥时间，确保肥料不被

淋溶。

3、肥料的浓度如何控制？

很多肥料本身就是无机盐。当浓度太高时会“烧伤”叶片或根系。通过灌溉系统喷肥或滴肥一定要控制浓度。最准确的办法就是测定喷施的肥液或滴头出口的肥液的电导率。通常范围在1.0-3.0ms/cm就是安全的。或者水溶性肥稀释400-1000倍，或者每方水中加入1-3公斤水溶性复合肥喷施都是安全的。对于滴灌，由于存在土壤的缓冲作用，浓度可以稍高一点也没有大的影响。

4、滴灌施肥的顺序是什么？

一般先滴水，等管道完全充满水后开始施肥，原则上施肥时间越长越好。施肥结束后要继续滴半小时清水，将管道内残留的肥液全部排出。许多用户滴肥后不洗管，最后在滴头处生长藻类及微生物，导致滴头堵塞。准确的滴清水时间可以用电导率仪监控。

5、滴灌系统一般能用多少年？

滴灌管有多种规格，壁厚从0.2毫米至1.2毫米。很显然越厚越抗机械损伤。所有滴灌管都加有抗老化材料。在没有机械损伤的情况下，厚壁和薄壁滴灌管的使用寿命是一样的。很多薄壁滴灌带寿命短主要是机械破损，导致漏水。从机械破损的角度，越厚的滴灌管寿命越长。不同作物及栽培方式对使用年限要求不同。一般栽培密度大的作物（如草莓）使用设计年限为1~3年的产品较为经济合理，而栽培密度小的果树使用设计年限为8~10年的产品较为经济合理。当然，使用寿命长，一次性投入的成本也会高一些。

6、滴灌施肥系统的价格是如何构成的？

滴灌施肥系统的造价主要由设计费、设备材料费、安装费等三部分组成。具体价格取决于地形条件、高差、种植密度、土壤条件、水源条件、施肥设备类型、系统自动化程度、材料型号规格、系统使用寿命、技术服务等级等因素。因此滴灌系统不存在一个统一的价格。根据国内的实际情况，目前滴灌系统的价格在每亩 400-1500 元间变化。

7、以果树为例，安装滴灌是否划算？

高标准建设的滴灌系统造价在 1500 元/亩左右，设计寿命为 10 年，折合每年成本为 150 元/亩。安装滴灌后，一方面可以节省肥料开支，按省肥 30% 计算，每年可节约开支 450 元/亩；另一方面可以增加产量和品质，从而增加收入，以增收 10% 计算，每年可增收 800 元/亩，这还没有考虑到节工和保障丰产等隐性价值。可见，果树安装滴灌是十分划算的。

8、过滤装置如何维护？

常用的过滤器有离心式过滤器、筛网式过滤器、叠片式过滤器、砂石过滤器等。要经常检查筛网过滤器内的滤网，发现损坏应及时修复或更换，灌溉季节结束时，应取出筛网过滤器的滤芯，刷洗凉干后备用。

手工清洗：扳动手柄，放松螺杆，拆开压盖，取出滤芯，用刷子刷洗滤芯筛网。

自动冲洗：要求经常打开排污阀看堵塞情况，经常冲洗。

9、堵塞的原因是什么？

堵塞是指灌溉水中的泥沙、化学沉淀物或生物等物质在滴灌系统的管道或者滴头流道中依附和堆积，减小或者完全封堵过水断面，造成灌水不正常的现象。

堵塞的发生是物理、化学和生物 3 种因素相互作用的结果，控制好任何一个因素都可以减轻其他因素引起的堵塞。物理堵塞是由于水体中无法过滤掉的悬浮无机物质颗粒（如沙粒、淤泥或粘土等）、有机物质（如动物的代谢物、蜗牛或塑料碎末等）和微生物残体（如藻类或原生动物等）引起的。对于地下滴灌系统，在关闭的过程中由于系统中产生的负压，会将毛管周围的土壤颗粒通过滴头出口吸入流道内，造成灌水器堵塞。生物堵塞是指生物因素（如藻类、细菌以及微生物分解物，还有一些植物根系等）在流道壁面附着成长形成生物膜，流体中的其他杂质往往会在细菌群落生长很好的流道拐角处与生物膜发生相互的黏附累积，最终导致灌水器堵塞。生物堵塞也包括地下滴灌植物根系入侵造成的直接堵塞。化学堵塞是指溶于水中的化学物质（如可溶性盐类、氢氧化物和硅酸盐等），在一定条件下相互作用，变成难溶性物质在流道内沉淀，如富含重碳酸盐和钙离子的水质易形成碳酸钙沉淀造成灌水器的堵塞。

10、如何防止堵塞？

①优化设计灌水器流道内部结构是提高其抗堵塞能力的基础：可以通过改变流道和出口结构提高灌水器的抗堵性能。流道转角的

结构参数对滴头抗堵塞性能的影响较大，其次是流道宽等，当流道转角为 60° 时，灌水器流态指数相对较小，抗堵性能相对较强，建议迷宫流道灌水器设计时采用 60° 转角，流道宽的合理取值为 $1.0 \sim 1.2\text{mm}$ 。对于地下滴灌系统产生的负压泥吸现象，一般采用在干管、支管以及滴灌管等局部高点处安装真空破坏阀消除负压，或在毛管末端安装冲洗阀，有的学者还采用无纺布包扎滴头等，这些方法都取得了较好的效果。另外，还可通过设计合理灌水器出口达到减小负压堵塞的目的。改善灌水器结构特征应着眼于抗堵塞、易清洗这一目标，发展大流量、可拆卸、可降解、大流道和紊流型灌水器。如以色列 Netafim 公司的 Tiran 片式灌水器，采用了特殊的迷宫结构，当额定流量为 $2\text{L} / \text{h}$ 时，流道深度和宽度分别达到 1mm 和 1.18mm ，而长度却只有 109mm 。

②强化水质管理：强化水质处理是解决堵塞的前提，水质处理办法包括物理处理、化学处理和生物处理 3 种类型。考虑到滴灌过程中水质的变化，须在一年当中要选几个时间对水质进行抽样检查，根据水质改变和相关规范调整处理方法。

物理处理：常用的过滤器有筛网式、砂石过滤、离心式以及叠片式过滤器，一般的用户都采用单一的网式过滤，一些大的过滤站则采用多组过滤器联合的方式。过滤器类型以及组合布设方式要根据水质、灌水器流量、要求的水头损失来选择。当水中杂质主要为泥沙时，采用工程措施结合过滤措施进行拦堵，过滤器多为离心式和网式过滤器的组合，筛网目数 120 目即可满足要求；水中杂质主

要为有机物、藻类或淤泥，过滤器选择多为砂石过滤器和叠片过滤器的组合。

化学处理：化学处理是指在滴灌水源中加入一种或多种化学物质以抑制生物的生长繁殖，或与水中某些化学离子相互反应改变其性质以达到预防滴头堵塞的一种方法。使用该方法必须考虑水质的化学成分、pH 值和温度，否则达不到预期效果甚至起到相反的作用。比如在氨含量高的污水中应使用加氯的处理方法处理水质，因为氯气和氨反应生成的氯胺在控制生物代谢生长方面比单一滴加氯气的效果好 80 倍。对于铁含量较高的水源，加氯或加酸均不合适，因为水质中的氧化铁很快会被氧化成三氧化二铁，造成更为严重的堵塞。可以通过向水中加入硅酸钠来络合铁离子，但这种处理方法仅限于铁离子含量 $< 10\text{mg/L}$ ，且 Ca、Mg 含量低的情况下，因为高 pH 值的硅酸盐溶液可能引起碳酸盐的沉淀。化学方法常用的药剂为氯气、次氯酸盐、盐酸、硫酸、专门的化合物和除草剂等，处理成本相对较低，但是该方法最大的缺点是其安全性差，有可能引起一系列化学污染和毒害作用。

③提高管理维护运行水平：提高管理运行水平是可控范围内最容易实现，也是代价成本最低的，是防止滴管系统堵塞的关键。

合理布设：为保证灌水的均匀度，各级管道应设计适宜的纵坡，干、支、毛三级管道尽量相互垂直，以使管道长度和水头损失最小。地下滴管系统的滴管带埋深间距和埋深深度对作物生育期内生长特性指标有很大的影响，需要根据不同生育期做相应的调整，布设时

灌水器出水口应尽量靠近作物根部。

定期清洗：安装运行过程中要定时检查水表流量是否均匀，如果有较大波动则认为过滤器堵塞，应及时对其冲洗。冲洗的频率要根据具体的水质条件以及水质标准进行设计安排的。对于薄壁可拆洗的滴管管，当使用污水灌溉且冲洗水流流速在 0.5m/ s 以上时，冲洗的频率为 14 天一次，其抗堵塞效果很好。在极端的环境条件下，甚至可以每天都对滴灌系统进行冲洗。

报送：农业部科技教育司、农业部种植业管理司

发送：各苹果主产省农业厅、各功能研究岗位专家、综合试验站站长
首席科学家办公室成员

国家苹果产业技术体系首席科学家办公室

2015 年 2 月 3 日印发
