

文章编号:1007-6492(2002)01-0078-04

灌溉施肥技术

李冬光, 许秀成, 张艳丽

(郑州大学化工学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 灌溉施肥技术是灌溉技术与施肥技术的有机结合, 只有合理统筹运用两项技术才能发挥其最大效能; 与传统施肥方法相比, 灌溉施肥技术具有无可比拟的诸多优点, 但同时也对肥料的制造和使用提出了更高的要求, 只有全水溶性的肥料才能在微灌系统中成功运用, 这使得大部分磷肥品种不能用于灌溉施肥. 彻底解决灌溉用肥中的磷源问题有利于推动灌溉施肥技术在我国的大面积推广.

关键词: 灌溉施肥; 肥料; 滴灌

中图分类号: S 147.3

文献标识码: A

水资源短缺、供水不足是 21 世纪人类面临的全球性问题之一. 随着全球人口的急剧增长和世界经济的高速发展, 水资源遭到了严重破坏. 1950~2000 年间, 世界人均水资源拥有量减少了 25%. 我国人口占世界总人口的 22%, 淡水资源占世界淡水资源总量的 8%, 居世界第六位. 但人均淡水拥有量仅占世界人均淡水拥有量的 1/3, 居世界 109 位, 是世界上 13 个贫水国之一^[1].

喷灌和微灌是当今世界节水效果最明显的农业灌溉技术, 发展势头十分迅猛. 与地面灌水相比, 采用微灌技术可省水 30%~50%, 大田作物一般增产 15%~30%, 瓜果和经济作物增产幅度更大. 我国 1974 年从墨西哥引进滴灌技术, 1978 年召开了第一次全国滴灌技术经验交流会, 到 1996 年喷灌和微灌面积之和占灌溉面积的 2%. “九五”期间, 我国微灌技术发展迅速, 仅山东省的大田喷灌增长面积就达 20.6 万公顷.

1 化学肥料的施用现状

我国是世界肥料消费大国, 1997~1998 年度, 我国化肥消费总量和氮肥消费量均居世界首位, 分别占世界消费总量的 26.2% 和 28.7%. 目前, 我国按可耕地和多年生作物面积计算的施肥水平为 266 kg/hm^2 , 远超过世界平均水平的 91 kg/hm^2 , 在 FAO 所统计的 162 个国家中居第 10 位. 一般认为我国氮肥利用率为 30%~50%, 就世界范围来说, 当年磷利用率为 10%~25%, 当年钾利

用率约 50%. 如此低的肥料利用率不仅造成了资源和能源的大量浪费, 还引发了一系列的环境问题.

2 灌溉施肥 Fertigation)

2.1 灌溉施肥的概念

灌溉施肥是指肥料随同灌溉水进入田间的过程, 是施肥技术(Fertilization) 和灌溉技术(Irrigation) 相结合的一项新技术, 是精确施肥与精确灌溉相结合的产物. 采用灌溉施肥技术可以很方便地调节灌溉水中营养物质的数量和浓度, 使其与植物的需要和气候条件相适应; 可以大幅度提高化肥利用率; 提高养分的有效性; 促进植物根系对养分的吸收; 提高作物的产量和质量; 减少养分向根系分布区以下土层的淋失; 还可以大幅度节省时间、运输、劳动力及燃料等费用, 实施精确施肥. 灌溉施肥的原则是根据作物的吸收规律提供养分, 需要多少提供多少.

2.2 灌溉施肥的发展过程和现状

公元前 400 年前, 在雅典人们用城市下水道的污水对菜园和柑桔园进行灌溉施肥, 是灌溉施肥的最初形式. 1958 年首次报道了通过了喷灌系统施用商品肥料. 微灌(滴灌) 技术最早于 1860 年由德国人发明, 但发展十分缓慢. 第二次世界大战后, 随着塑料工业和化肥工业的发展, 微灌施肥技术有了显著的进展, 到 60 年代末已成为一种新型的灌溉技术. 70 年代后, 微灌面积迅速增加, 微灌

收稿日期: 2001-10-10; 修订日期: 2001-12-06

作者简介: 李冬光(1975-), 男, 山西省交城县人, 郑州大学硕士研究生, 主要从事灌溉施肥专用肥方面的开发.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

与施肥的结合技术也日趋完善. 目前, 以色列微灌面积占到灌溉面积的 80%, 基本都与施肥结合; 美国微灌施肥面积占微灌面积的 65%.

2.3 微灌施肥系统的主要组成

微灌施肥系统是灌溉系统和施肥技术的结合

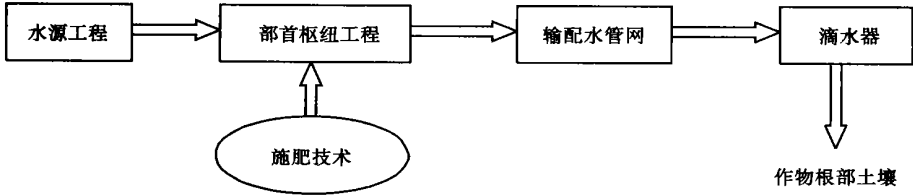


图 1 系统组成与水肥技术耦合示意图

Fig. 1 The constitute of the system for fertigation

- (1) 水源工程: 河流、水库、机井、池塘等, 只要水质符合微灌要求即可, 如表 1 所示.
- (2) 首部控制枢纽: 由电机、水泵、过滤器、控制和测量设备(压力调节阀、分流阀、水表等组成), 自动操作时首部配备电脑自控系统.
- (3) 输配水管道: 由干管、支管、毛管等组成.

体, 只有合理统筹运用两项技术, 才能充分发挥系统的作用. 一套完整的灌溉施肥系统由水源工程、施肥技术、首部控制枢纽、输配水管网、灌水器等几部分组成如图 1 所示.

- (4) 滴水器: 滴水器(即滴头或喷头) 有多种, 根据水力效能方式, 滴头可分为四类, 即: 收缩式滴头、长流道管式滴头、涡流式滴头、压力补偿式滴头. 目前常用的是滴灌带, 即把滴头和毛管加工为一体, 滴灌带有压力补偿式和非补偿式两种.

表 1 表明滴灌系统堵塞程度的水质临界指标

Tab. 1 The standard of water quality for drip irrigation

因素	项目	指标范围		
		轻	中	重
物理因素	可过滤的悬浮物/ %	<5.0	5.0~7.5	>7.5
	pH 值	<7.0	7.0~7.5	>7.5
化学因素	可溶性固体/(mg /L)	<500	500~2000	>2000
	镁离子/(mg /L)	<0.1	0.1~1.5	>1.5
	铁离子/(mg /L)	<0.1	0.1~1.5	>165
	硫化氢/(mg /L)	<0.5	0.5~2.0	>2.0
	硬度 CaCO ₃ /(mg /kg)	<150	150~300	>300
生物因素	细菌总数/(个/L)	<10000	10000~50000	>50000

说明: 美国微灌水水质标准.

2.4 灌溉施肥的方法

按照控制方式的不同, 灌溉施肥可分为两大类: 一类是按比例供肥, 其特点是以恒定的养分比例向灌溉水中供肥, 供肥速率与滴灌速率成比例. 施肥量一般用灌溉水的养分浓度表示, 如文丘里注入法和供肥泵法. 另一类是定量供肥又称为总量控制, 其特点是整个施肥过程中养分浓度是变化的, 施肥量一般用千克/公顷表示, 如带旁通的贮肥罐法如图 2 所示. 按比例供肥系统价格昂贵, 但可以实现精确施肥, 主要用于轻质和砂质等保肥能力差的土壤; 定量供肥系统投入较小, 操作简单, 但不能实现精确施肥, 适用于保肥能力较强的土壤.

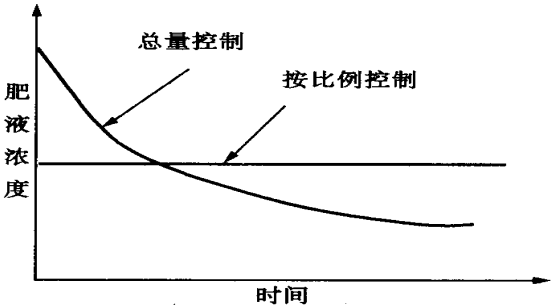


图 2 不同控制系统肥液浓度示意图

Fig. 2 The concentration of fertilizer in different systems

3 灌溉施肥用肥

3.1 适用于灌溉施肥的肥料

一般说来, 用于灌溉施肥的肥料应满足以下

条件:溶液中养分浓度高;田间温度下完全溶于水;溶解迅速,流动性好;不会阻塞过滤器和滴头;能与其它肥料混合,与灌溉水的相互作用小;不会引起灌溉水pH值的剧烈变化;对控制中心和灌溉系统的腐蚀性小.但这些条件并不是绝对的,实际上只要在实践中切实可行的肥料都可使用.常用作灌溉施肥的氮肥品种有:硝酸铵、硝酸钾、尿素、氯化铵、硫酸铵以及各种含氮溶液;钾肥品种主要为氯化钾;磷肥品种有:磷酸和磷酸二氢钾以及高纯度的磷酸一铵,还有各种Fertigation专用复合肥.用于Fertigation的微量元素也应是水溶性或螯合态的化合物.

3.2 肥料和土壤的相互作用

不同肥料对土壤的pH值影响不同,灌溉水pH值高于7.5时会在管道中及滴头上形成钙、镁的碳酸盐和磷酸盐沉淀,降低锌、铁、磷等营养元素对作物的有效性;相反,pH值太低又会导致土壤溶液中铝、锰浓度的增加,对作物产生毒害.

灌溉水中NH₄⁺/NO₃⁻比率的大小也影响土壤pH值,当作物吸收氨态氮为主时,根系分泌出H⁺

酸化土壤;当吸收硝态氮为主时,根系分泌出OH⁻使土壤pH值升高^[2].土壤中施入NH₄⁺-N或NO₃⁻-N会引起pH值在±1.5左右波动^[3].

磷在土壤中移动缓慢,用作基肥时容易被土壤吸附和固定,影响作物对磷的吸收^[4].通过灌溉水连续施用磷肥,磷在土壤中的固定量显著减少,使土壤溶液中有效磷浓度高于作基肥施用时的磷浓度,从而使磷肥的利用率显著提高.

3.3 肥料间的相互作用

在配制营养液或加工灌溉用肥时,还须考虑不同肥料混合后产物的溶解度大小,如果产物的溶解度太小,则容易产生沉淀,阻塞管路,如表2所示.

- (1) 硝酸钙与任何硫酸盐形成硫酸钙沉淀
- $$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 \downarrow + \dots$$
- (2) 硝酸钙与任何磷酸盐形成磷酸钙沉淀
- $$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \downarrow + \dots$$
- (3) 镁与可溶性磷酸盐形成磷酸镁沉淀
- $$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{MgHPO}_4 \downarrow + \dots$$
- (4) 磷酸盐与铁盐形成磷酸铁沉淀

表2 灌溉用肥混合表

Tab.2 The compatibility of fertilizers for fertigation

项目	NH ₄ NO ₃	Urea	(NH ₄) ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ HPO ₄	KCl	K ₂ SO ₄	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂
NH ₄ NO ₃	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Urea	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(NH ₄) ₂ SO ₄	✓	✓	—	✓	×	✓	×	×
(NH ₄) ₂ HPO ₄	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	×
KCl	✓	✓	×	✓	—	✓	✓	✓
K ₂ SO ₄	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	×
KNO ₃	✓	✓	×	✓	✓	✓	—	✓
Ca(NO ₃) ₂	✓	✓	×	×	✓	×	✓	—

说明:✓表示可以混合;×表示混合后会产生沉淀.

3.4 肥料对设备的腐蚀

通过灌溉系统施肥料时,还应考虑肥料对系统的腐蚀,不同材料和不同肥料间的腐蚀性如表3所示.

表3 肥料腐蚀性表

Tab.3 The causticity of fertilizers

项目	Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	Urea	磷酸	DAP
镀锌铁	中等	严重	严重	轻度	严重	轻度
铝板	无	轻度	轻度	无	中等	中等
不锈钢	无	无	无	无	轻度	无
青铜	轻度	明显	明显	无	中等	严重
黄铜	轻度	中等	明显	无	中等	严重

3.5 关于Fertigation用肥的磷源问题

对肥料可溶性能的特殊要求是灌溉用肥的最显著特点,以氮、磷、钾三大营养元素为例,氮肥基

本上来源于合成氨工业,溶解性能良好;钾肥主要来源于可溶性的无机盐;但磷肥都来源于磷矿石,磷矿的主要成分是氟磷酸钙(CaF(PO₄)₃),还有许多其它杂质,这些杂质和磷矿分解过程中产生的石膏或多或少会带入肥料中,这是导致大多数磷肥品种不能用于灌溉施肥的主要原因.如果去掉这些杂质,又会使肥料价格大幅度攀升.目前国内、外灌溉施肥专用肥大部分采用高纯度的磷酸一铵和磷酸二氢钾作磷源,价格昂贵,很难被中国农民接受,不适合大面积推广;许多地方用磷肥作基肥,只对氮肥和钾肥进行灌溉施肥,没有彻底解决磷肥的灌溉施肥问题.因此,Fertigation用肥的磷源问题已成为灌溉施肥技术在中国普及的限制因素之一.郑州乐喜施磷复肥技术研究推广中心正

在开发的以钙镁磷肥为主要磷源的Fertigation 专用复合肥就是为解决这一问题而进行的.

4 灌溉施肥的经济效益分析

滴灌施肥的经济效益包括两个方面,一是增加作物产量和提高作物品质所带来的经济效益,如表 4 所示;二是节省各项投入所带来的经济效益,如表 5 所示.微灌施肥提高了水分和肥料的利用率,改善了土壤环境,减轻了病虫害的发生程度,所以,促进了作物产量的大幅度提高和品质的改善.

表 4 滴灌施肥的增产效益

Tab .4 The benefit from outputs increased

作物	地点	施肥方式	产量/ (t /hm ²)	相对增产/ (t /hm ²)	增产率/%	产值/ (元/hm ²)	增加产值/ (元/hm ²)
西红柿	淄博市北羊村	畦灌冲施	200.07	—	—	240084	—
		滴灌施肥	215.46	15.39	7.7	278100	38016
黄瓜	临沂市道口村	畦灌冲施	153.15	—	—	210210	—
		滴灌施肥	199.25	46.10	30.1	278538	68328
辣椒	济宁市农科所	畦灌冲施	52.50	—	—	168240	—
		滴灌施肥	64.50	12.00	22.9	206658	384.18
草莓	威海市张村镇	畦灌冲施	30.12	—	—	120480	—
		滴灌施肥	37.65	7.53	25.0	150600	30120

说明:草莓、黄瓜、辣椒是两个对照棚的产量与产值,西红柿为多棚调查结果.

表 5 灌溉施肥的经济效益

Tab .5 The benefit from inputs saved

元/hm²

地点	调查户数	节水	节肥	节劳力	节省农药	总节省投入
海阳市	7	840.00	1800.00	3375	1500.0	7515.0
淄博区	11	1105.65	2962.95	2250	1237.5	7556.1
嘉祥县	5	877.50	1372.50	1500	675.0	4425.0
临沂市	4	1014.00	1747.50	1950	1425.0	6136.5

说明:单棚一季随机抽样调查数据,各地水费、病害发生程度不同,节省投入数据仅供参考.

5 结束语

总之,灌溉施肥技术是灌溉技术与施肥技术的结合,它涉及到多个领域的问题,包括水利、植物营养学、化肥工艺、加工工艺、农技推广等.只有这些部门共同协作,才能推动灌溉施肥技术在我国大面积推广.就化肥研究和生产部门来说,应该拓宽思路,结合中国农业的实际情况,走自己的路,开发出优质、廉价的适合中国农民使用的灌溉施肥专用肥.

参考文献:

[1] 王占礼.困扰中国经济发展的水资源问题[J].宁夏农学院学报,1999,20(2):44—50.
[2] MENGEL K,KIRKBY E A.Principles of Plant Nutrition [M] .4th ed.Bern:International Potash Institute,1987.
[3] BARBER S A.Soil Nutrient Bio —availability[M] .New York :Wiley —Interscience,1984.
[4] BAR Yosef B.Fertilization under Drip Irrigation[A] .PAL — GRAVE D A.Fluid Fertilizer Science and Technology[C] .New York :Marcel Dekker Inc,1991.285—329.

Fertigation and Fertilizer

LI Dong —guang , XU Xiu —cheng , ZHANG Yan —li

(College of Chemical Engineering , Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002 China)

Abstract : The best results would be obtained from fertigation , which is the integration of irrigation and fertilization , only if the technologies of irrigation and fertilization are properly used . Compared with traditional farming fertigation has many virtues and special challenges . Only fully water —soluble fertilizers can be used in the fertigation system . A majority of phosphates are not suitable for use in fertigation . The successful application of phosphate will promote the development of fertigation in China .

Key words : fertigation ; fertilizer ; drip irrigation