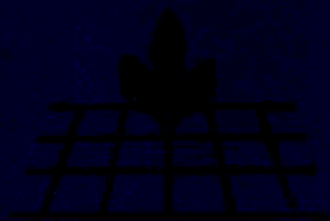


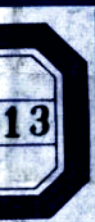
水利科技
推广

灌排工程 新技术

水利部科技教育司
水利部科技推广中心
武汉水利电力大学
(上册)



中国地质大学出版社



编著、审阅人员名单及分工

主编 刘肇祜 雷声隆

编著审阅人员(按篇章顺序)

上册 第一篇 李恩羊(第一~第六章)

袁宏源(第七章)

茹 智(第八章)

董冠群审阅

第二篇 张瑜芳(第一、三章)

沈荣开(第二章)

张华审阅

第三篇 茹 智(第一、二、三章)

江仪贞(第四~七章)

朱树人审阅

下册 第四篇 马文正(第一、二、四、五章)

白宪台(第二、六章)

陈炯新审阅

第五篇 沈佩君

陈炯新审阅

第六篇 雷声隆、刘肇祜

萧嘉祐 审阅

前 言

灌溉排水工程是农田水利基本建设中的核心内容,在我国习惯称为农田水利工程学。这是一门古老的科学,在中国有着悠久的历史。随着国民经济的发展和科学的进步,灌溉排水学科本身在深度和广度上日益丰富。灌溉排水工程是农业和国民经济的基础设施。它的发展是与农业紧密相关的,是科技兴农的主要内涵。随着我国水、土资源缺乏局面日趋严重,灌排工程大量兴建和运行管理任务加重,水利环境问题逐渐突出,在作为国民经济基础的农业发展刻不容缓的情况下,灌溉排水科学面临严峻的挑战。目前,在一些新兴科学和电子计算机发展推动下,在社会主义市场经济大发展中,在广大地方农田水利工作者的辛勤创造和科学研究者的深入研究下,灌溉排水理论及技术有了飞速的发展,广大实际工作者和科技人员,进行了大量的创造性的劳动和科学试验,积累了丰富的经验,取得了可喜的成果,大大丰富了灌溉排水学科和工程技术的内容。为了普及和推广这些新进展、新技术,水利部科技教育司组织编写了这本书。

本书比较全面、系统地总结了近些年来在灌溉、排水方面发展的新经验和新成果以及其他学科在灌排工程技术方面应用的新进展,内容是很丰富的。本书内容,曾在全国部分省市县水利局长级学习研讨班上试用3次,效果很好,并广泛吸取了学员意见,作了进一步修改。

全书分上、下两册共六篇。上册三篇:节水灌溉原理和方法,低产田改造,灌区技术管理;下册三篇:灌排系统分析及应用,灌排工程经济,灌排系统环境影响评价。内容安排既包括灌排工程技术发展的新动态,又注意了与农田水利学等学科基础理论的联系,由浅入深,具有较好的可读性;在工程措施内容上,包括行之有效的具体技术措施和经验,还有详细的技术细则和工艺,可操作性好。全书图、文、表并茂,文字力求

通顺。

本书可供广大省、地、县从事灌排工作同志们参考,也可作为农田水利工作者工程继续教育的教材,是农田水利工程专业本、专科学生和研究生的重要参考书。

本书编成后,经陈炯新、董冠群、朱树人、萧嘉祐、张华等专家审阅,他们对全书各篇章提出了许多宝贵建议,特向他们表示衷心感谢。

由于灌排工程技术发展迅速,内容十分丰富,本书编著过程中虽作了大量资料搜集整理,难免仍有许多不足或错误,请广大读者批评指正。

编 者

1993年3月

目 录

第一篇 节水灌溉原理和方法

第一章 绪论	(2)
第一节 基本概念	(2)
第二节 发展节水灌溉的重要意义	(4)
第三节 节水灌溉的主要技术措施	(5)
第二章 水分与作物	(7)
第一节 水对作物的生理作用	(7)
第二节 作物吸水	(8)
第三节 水分散失——蒸腾作用	(9)
第四节 水分传输	(11)
第五节 作物需水	(14)
第六节 水对作物产量的影响	(20)
第三章 作物水分生产函数	(24)
第一节 引述	(24)
第二节 按总量计算的作物水分生产函数	(28)
第三节 分阶段考虑的作物水分生产函数	(31)
第四节 由作物水分生产函数引出的灌溉供水准则问题	(35)
第四章 低压管道灌溉	(38)
第一节 低压管道灌溉的优点及发展现状	(38)
第二节 低压管道灌溉系统的规划设计	(40)
第三节 管材及管件	(56)
第五章 渠道防渗技术	(66)
第一节 渠道渗漏和防渗措施	(66)

第二节	土料防渗	(71)
第三节	石料防渗	(73)
第四节	混凝土衬砌防渗	(75)
第五节	塑料薄膜防渗	(81)
第六节	防治冻胀措施	(85)
第六章	节水型灌溉技术	(87)
第一节	喷、微灌技术	(87)
第二节	水稻节水灌溉技术	(92)
第三节	旱田地面灌溉技术	(96)
第四节	地下暗管灌溉	(98)
第七章	灌溉优化水管理	(113)
第一节	农作物的最优灌溉制度	(113)
第二节	农作物间的最优水量分配	(124)
第三节	地区间水量最优分配——大系统优化配水模式	(142)
第四节	灌溉渠系最优水量分配	(144)
第五节	随机环境下的优化配水	(154)
第八章	节水灌溉试验	(159)
第一节	试验处理	(160)
第二节	试验方法	(164)
第三节	试验成果分析	(165)
	主要参考文献	(170)

第二篇 低产田改造

第一章	低洼易涝低产田的治理	(173)
第一节	农作物对农田除涝排水的要求和排涝标准	(173)
第二节	除涝排水系统的规划设计	(182)
第三节	除涝经济效益计算方法	(199)
第二章	渍害低产田改造技术	(204)
第一节	渍害田的成因及类型	(204)

第二节	改造渍害田的技术措施	(207)
第三节	渍害低产田的治理标准	(210)
第四节	排渍工程规划	(217)
第五节	田间暗管排水系统设计	(229)
第三章	盐碱地的水利土壤改良	(247)
第一节	我国盐碱土的主要类型及分布	(247)
第二节	防止土壤次生盐碱化	(252)
第三节	盐碱地的水利改良措施	(262)
	主要参考文献	(294)

第三篇 灌区技术管理

第一章	绪论	(296)
第一节	灌溉管理的任务与目标	(296)
第二节	灌溉管理的主要内容	(297)
第二章	灌溉管理评估指标体系	(300)
第一节	灌溉水量指标	(300)
第二节	灌溉面积及工程性状指标	(301)
第三节	土壤改良方面指标	(303)
第四节	产量及灌溉效益方面指标	(303)
第五节	多种经营方面指标	(304)
第三章	灌溉计划用水	(306)
第一节	常规(静态)用水计划的编制	(306)
第二节	动态用水计划的编制	(311)
第四章	灌区量水设备	(324)
第一节	概述	(324)
第二节	平顶堰	(326)
第三节	三角剖面堰和平坦 V 型堰	(332)
第四节	量水槽	(340)
第五节	特种量水设备	(354)

第六节	自动量水装置·····	(361)
第五章	灌区混凝土建筑物裂缝问题·····	(364)
第一节	检查观测裂缝的方法·····	(364)
第二节	裂缝的原因及类型·····	(367)
第三节	裂缝的分析方法·····	(371)
第四节	混凝土的损伤机理·····	(372)
第五节	混凝土裂缝的修补标准·····	(374)
第六章	灌区工程老化损坏的评价·····	(378)
第一节	灌区工程老化的概念·····	(378)
第二节	灌区建筑物常见的老化病害问题·····	(383)
第三节	灌区工程老化损坏评价方法·····	(389)
第四节	标度与群判断·····	(403)
第七章	灌区现代化管理技术·····	(407)
第一节	灌区自动化管理概述·····	(407)
第二节	灌区微机应用基本模式·····	(417)
第三节	灌区微机应用的简易优化管理技术·····	(430)
	主要参考文献·····	(436)

第一篇 节水灌溉原理和方法

节水灌溉一词近年来在我国已十分流行。其含义甚广，方法措施也很多。灌溉水从水源到田间要经过几个环节，每个环节中都存在水量无益损耗。凡是在这些环节中能够减少水量损失、提高灌溉水使用效率和经济效益的各种措施，均属于节水灌溉范畴。

我国是一个水资源不丰富的国家。在各个用水部门中，灌溉用水最多，约占全国总用水量的 80% 以上。因此，开展节水灌溉对缓解我国日益突出的水资源供需矛盾，对实现“八五”计划纲要所提出的到本世纪末粮食达到 5 亿吨、棉花达到 525 万吨目标，均具有十分重要的战略意义。

在推行节水灌溉方面，几十年来我国已经做了许多工作，取得了一定成效。到 1991 年止，我国采用各种不同材料进行防渗的渠道长度约 占大中型灌区干支渠总长度的 30% 左右，在缺水地区 and 山丘区，渠道防渗建设发展最快。80 年代以来，喷、微灌等节水新技术得到稳步发展，其灌溉面积已达到 1 100 多万亩。以管道代替沟渠的低压管输水灌溉，近几年来在北方井灌区得到迅速发展推广，面积已超过 3 500 万亩，并出现向渠灌区和南方缺水地区发展趋势。此外，为了减少田间灌溉水的损失，很多地区采用平整土地、膜上灌、稻田湿润灌溉、改进畦沟灌等节水措施，效果也较显著。但是，节水灌溉在我国毕竟还处于发展阶段，不仅发展不平衡，规模还不很大；而且许多技术问题（如材料、结构型式、设计方法以及管理等）都还有待研究和探索。

第一章 绪 论

第一节 基本概念

灌溉通过给农田补充水分来满足作物需水要求,创造作物生长的良好环境条件,以获得较高的产量,从水源到形成作物产量要经过以下四个环节:

(1) 通过渠道或管道将水从水源输送至田间;

(2) 将引至田间的灌溉水,尽可能均匀地分配到所指定的面积上转化为土壤水;

(3) 作物吸收、利用土壤水,以维持它的生理活动;

(4) 通过作物复杂的生理过程,形成经济产量。

前两个环节主要决定于工程技术条件和管理水平。从水源引水至田间,需修建渠道(或管道)和必要的水工建筑物;同时还需要一定的管理组织和管理技术。由于包括自然的、管理的和工程技术等原因,有一部分甚至一半以上的水在沿途损失掉了。据有关资料分析,灌溉输水损失水量在美国约占总引水量的 47%,原苏联为 50%,日本为 40%,我国平均为 50% 左右。这种水量损失程度可用渠系水利用系数反映。渠系水利用系数一般以流量计算,为了反映水量损失情况,在管理上也有以水量计算的,即从灌区的末级固定渠道供给田间的毛水量和与同一时期“渠首”引水量(不含非灌溉用水量)之比。因此,灌溉水从水源输送至田间沿程水量损失越大,渠系水利用系数越低。实践证明,通过工程和管理措施可以显著地减少这一环节中的水量损失,提高渠系水利用系数。引入田间的灌溉水在转化为土壤水过程中也有水量损失,如深层渗漏和地面径流等损失。以水量计算的田间水利用系数可以反映田间灌溉水的损失程度,它是指同一时期内田间实际灌水面积计划湿润层内土壤中得到净水量与灌区末级固定渠道供给田间毛水量的比值。

田间灌溉水损失越大,田间水利用系数越小,田间灌溉水有效利用程度与田间工程、土地平整以及所采用的灌水方法和技术有密切关系。例如,根据陕西省洛惠渠管理局的统计,实行小畦灌溉比大水漫灌可降低定额 17%~35%,又据文献报道,在半干旱地区用塑料软管代替水沟进行长畦分段灌溉,比一般的长畦灌溉可省水 40%~60%,微灌时水的利用率更高,一般要比地面灌溉省水 30%~50%,也比喷灌省水 15%~25%。

由水源引水到田间灌水这两个环节,都不与农作物吸收和消耗水分的过程直接发生关系。但是,在这两个环节中的节水潜力比较大,措施比较明确,是当前节水灌溉的主要方面。

在后两个环节中进行节水,一是靠减少作物株间蒸发量,二是靠减少作物蒸腾量。作物全生育期株间蒸发量约占作物总需水量的 40%~60%。这部分水量对改善作物生长环境有一定作用,不完全属于浪费水量。但从现有试验资料看,适当减少株间蒸发量并不一定会影响作物产量。至于减少作物蒸腾量会不会影响作物生长发育和产量,则还存在一些理论问题有待解决。现代科学虽然已经发现作物在需水方面存在着巨大浪费,正如希勒尔(D. Hillel)指出的,蒸腾作用要求植物从土壤中吸取远远超过其代谢实际所需的水量,但是蒸腾过程总是伴随着作物吸收 CO_2 进行光合作用、形成产量的过程,过分抑制蒸腾,势必影响到作物正常的生理活动、乃至最后形成的产量。因此只有在水源不足,水的供需矛盾靠其他方法不能解决时,才进行不充分灌溉,限制作物蒸腾量。

综上所述,节水灌溉应从整个灌溉过程上着手,凡能减少灌溉水损失、提高灌溉水使用效率的措施、技术和方法均属节水灌溉范畴。事实上,从水源引水到形成作物产量的每一环节中,都存在着节水潜力。一般情况下,节水应是减少灌溉水的无益消耗,不减少作物正常的需水量,不使作物减产;有些情况下,为了解决供需矛盾,也采用低于作物正常需水量标准进行供水,即采用不充分灌溉,这时不再追求单位面积上产量最高,而是以有限的水资源量,使整个区域上获得最高总产量的经济效益为目标。

第二节 发展节水灌溉的重要意义

建国 40 年来,我国农田灌溉事业取得了很大成就,灌溉面积由 1949 年的 2.4 亿亩增加到 1988 年的 7.2 亿亩。在占全国总耕地面积 48% 的灌溉面积上,生产了占总产量近 2/3 的粮食。这对基本解决全国 11 亿人口的温饱问题,对促进工农业生产和国民经济的发展,起到了极为重要的作用。到本世纪末,为使我国粮食总产量达到 5 000 亿公斤,人民生活从温饱提高到小康水平,还需要增加灌溉面积 3 000 万亩,即全国灌溉面积达到 8 亿亩。为此,需要开发新的水资源,更要节省灌溉用水。

我国是一个水资源不丰富的国家。根据联合国统计资料,全世界陆地多年平均径流量为 46.6 万亿立方米,人均占有水资源 10 800 立方米。我国多年平均径流量为 2.71 万亿立方米,居世界第六位,但按人口平均仅为 2 630 立方米,远低于世界人均占有量,居世界第 88 位。按单位耕地的径流量计算,我国只相当世界平均值的 3/4。

我国水资源不仅不丰富,而且时空分布也很不均匀。长江流域及其以南地区,水资源总量占全国的 81% 左右,而耕地只占全国的 36%,黄河、淮河和海河流域水资源总量占全国的 7.5%,而耕地却占全国的 36.5%,因此形成南方地少水多、北方地多水少的局面。当然,即使在南方,也有不少地方缺水,在北方缺水程度也很不相同。

农业用水目前占全国用水量的 88%,随着工业的进一步发展,工业用水和城市生活用水的比重正在迅速增长,工业与其他用水部门与农业争水的局面已经形成,其中北京、天津已非常严重。工业用水量的增加,如不认真进行污水处理,还会严重地污染水源。

由上述可知,我国水资源的紧缺形势是十分严峻的,认真搞好农业节水发展节水灌溉,形成节水型社会是我国一项基本国策。

从我国目前实际情况看,一方面水资源较紧缺,而另一方面又存在水量的严重浪费现象。不少灌区尤其北方灌区,由于灌水量偏大,渠道渗漏严重,加上管理不完善等原因,自流灌区灌溉水有效利用系数只有

40%左右,井灌区一般也只有65%左右。因此,大力发展节水灌溉,对缓解我国水资源供需矛盾,具有很重要的作用。

第三节 节水灌溉的主要技术措施

节水灌溉的技术措施很多,按其性质不同可分为以下三类:

1. 降低渠道水量损失的措施

加强渠道管理,包括渠道配套完善、渠道和建筑物的养护、维修,是减少渠道水量损失的一个不可忽视的方面。但最根本和有效措施则是采取渠道防渗。根据国内外实践经验,采取防渗措施后,至少可使渠道渗漏损失量减少一半以上。

小型渠道或井灌渠道可用管道,以减少输水损失,提高水的利用率。管道输水还有节省沟渠占地、缩短灌水周期等优点。

2. 提高用水管理水平

在节水上,用水管理有着很大潜力。科学而有效的管理,能大量减少灌溉用水的浪费。例如山东省水利厅在引黄灌区采用“分级供水,用水计量”办法,使灌溉定额由原来的 351m^3 减少到 272m^3 ,节水22%,渠系水有效利用系数由原来的0.43提高到0.54,全省引黄灌区总节水量,可扩大灌溉面积394万亩。

提高用水管理水平,可从以下方面着手:

- (1) 实行计划用水、节约用水;
 - (2) 建立预报测报系统,为用水管理提供水情、土壤水分状况等数据;
 - (3) 因地制宜,制定最佳灌溉排水制度,合理进行灌排;
 - (4) 对灌溉系统的配水进行优化管理;
 - (5) 合理征收水费,鼓励用户节约用水;
 - (6) 搞好测水量水工作,实行按量配水;
 - (7) 搞好工程配套、改造和维修;
 - (8) 提高管理人员技术素质,健全责任管理制度。
- #### 3. 采用节水型灌水方法和技术

灌水方法的好坏,直接影响灌水均匀程度和田间水量损失大小。我国目前采用较多的节水型灌水方法有以下几种:

(1) 喷、微灌 喷灌适宜于各种作物,不要求地面平整,可用于地形复杂、土壤透水性大等进行地面灌溉有困难的地方。喷灌要求有一定的机械设备和动力,投资较大,技术也较复杂。喷灌比地面灌溉可省水30%~50%。微灌属于局部湿润灌溉,即只湿润作物附近的一部分面积。它比喷灌更省水。

(2) 低压管道灌溉 低压管道灌溉技术近几年来在我国北方,特别是井灌区有较多发展。据统计,仅河北、山东等省三年就发展了低压管道面积达3200万亩。这种灌溉具有节水、节能、省地、省工等优点。有些省的井灌区用低压塑料软管输水配水进行灌溉,俗称“小白龙”灌溉,可使水的利用率达97%~100%,单井灌溉面积扩大近一倍,可比土渠灌溉节电4.3%。

(3) 节水型地面灌溉 地面灌溉,如沟灌、畦灌等至今仍是我国广泛使用的灌水方法,传统的地面灌溉定额大、渗漏多,比其他方法费水。但是经改进后,可节省很多水量。例如,平好土地,长畦改短畦,大畦改小畦,控制产水成数以及利用地膜输水(即膜上灌)等,均有显著的节水效果。

(4) 水稻田控制湿润灌溉 与传统的水稻淹灌不同,水稻控制湿润灌溉在水稻生育期的大部分时间田面不建立水层,而只维持土壤一定的含水量。因此,可以大量减少渗漏和蒸发损失,起到节水作用。试验证明,采用这种技术,不仅能大量节水,而且还可获得较高的产量。

能够节水而且行之有效的灌水方法和技术还有许多种,这里我们不再一一列举。应当指出,各种节水灌溉措施各自都有一定的条件和技术要求。因此,选用这些措施时,应该结合实际条件,因地制宜,尽可能进行必要的试验研究。同时,任何节水措施的采用,要从更大范围来考虑它的合理性,例如渠道渗漏在地下水源缺乏、地下水水质好的地区,不能全作浪费看待,部分渗漏补充地下水源;南方水库供水灌区,节约的水量如不扩大灌溉面积,只会增加年溢洪水量,节约的水发挥不了效益等等。

第二章 水分与作物

水是任何作物都不可缺少的,没有水便没有作物的生命。要使节水灌溉达到预期的经济效益,就不能不考虑水与作物的关系以及作物对水分的吸收和利用问题。

第一节 水对作物的生理作用

水是构成作物有机体的主要成分。一般农作物植株的含水率为60%~80%,蔬菜和块茎作物可达90%~95%以上。同一作物,其生命活动愈旺盛的时期和部位,通常也是含水量最多的时期和地方,但随着作物器官的衰老,含水量会逐渐降低。

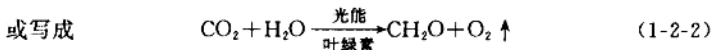
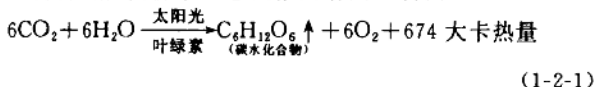
水对作物的生理作用,主要表现在以下方面:

1. 细胞原生质的重要成分

原生质是细胞的主体,很多生理过程都在原生质中进行。在正常情况下,原生质内含水量为90%左右。如果水分不足,原生质内的生理活动便会减弱,甚至停止。

2. 光合作用的重要原料

作物在生长发育过程中,能利用叶绿素吸收太阳的能量,同化二氧化碳和水,制造出有机质,这就是光合作用。光合作用所产生的有机质主要是碳水化合物(糖、淀粉等),通常用下列方程式表示:



在光合作用中,水是不可缺少的原料,水分不足,就会使光合作用受到抑制。

3. 一切生化反应的介质

例如 CO_2 进入叶部后,只有溶于细胞液转成液相,才能参与光合作用。各种有机质的合成与分解也必须以水为介质,在水的参与下才能进行。

4. 溶解和输送养分

作物所需的矿质养分必须溶解于水中才能被利用;各种有机质也只有溶于水才能输送至植物体的各个部位。

5. 保持作物体处于一定形态

作物体内水分充足时,细胞常保持数个大气压的膨压以维持细胞及作物的形态,使正常的生长、生理活动得以进行。例如,使叶片展开,以接受阳光和交换气体;使根尖具有刚性,能够伸入土壤,使花朵开放,便于授粉等。

第二节 作物吸水

土壤是作物吸水的源,作物主要靠根系从土壤中吸收水分。由土壤进入作物根系的水流量,既与土壤水分状况有关,也决定于作物根系本身的吸水能力。如图 1-2-1 所示,在根的横切面上,由外向内依次为

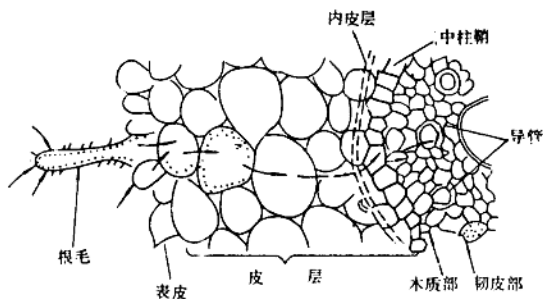


图 1-2-1 小麦根横切面

根毛、表皮、皮层、内皮层、木质部。表皮是由伸长了的外壁细胞所构成。

在这些伸长了的细胞中,有些能够孕育出根毛。作物吸入的水分大部分是经由根毛完成的。皮层系由6~8层薄壁细胞构成,细胞间有微小间隙。内皮层由薄外壁细胞构成。经过一定时间,其侧壁特别是内侧壁可能变厚或木质化。中柱鞘围绕的中心部分为中柱。中柱内的维管束由木质部和韧皮部组成。木质部中有导管和管胞,具有吸收水分并将水分及养分向作物地上部分运送的作用。

根系吸水可以用叶面蒸腾产生的拉力和根压产生的上压力加以解释。

(1) 蒸腾拉力 作物在蒸腾作用下气孔下腔附近的叶肉细胞因失水而造成细胞溶液浓度增加和体积缩小,因而溶质势和压力势均减小。叶水势的降低会依次传递到茎和根系,进而形成由土壤经过根、茎到叶部的水势梯度。水在水势梯度作用下,就会由土壤进入根系,经过茎上升到叶部。这种吸水是由蒸腾引起的。一旦蒸腾停止,吸水也随之减弱或停止。所以称它为被动吸水。

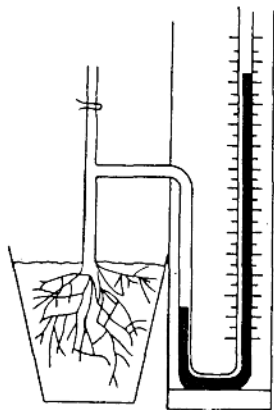


图 1-2-2 测定根压的装置

(2) 根压 作物无蒸腾时也会吸水,这时靠根压吸水,它是一种主动吸水。根压可用简便方法测出。如图 1-2-2 所示,将作物从近地处切断,切口处套上橡皮管并连接压力计,即可测出根压。

第三节 水分散失 —— 蒸腾作用

作物吸收的水只有很小一部分(不足1%)用于组成植物体,其余绝大部分(99%以上)均通过蒸腾作用以气态散失到外界大气中。这种水分散失固然在物理上属于蒸发现象,但却因同时受作物本身的控制和调节,比普通水面蒸发复杂得多,故为区别起见,命名为蒸腾。

蒸腾对于作物,既不可避免,亦不可缺少。与普通蒸发一样,只要有