

确定作物需要灌溉指标的综述

赵 化 春

(吉林省农科院机耕所)

灌溉不仅是防御干旱的手段,而且是保证作物高产稳产的重要措施。近年来由于施肥量增多,高产喜水品种广泛应用,产量水平不断提高,致使作物需水量增加,作物灌溉日益迫切。科学地确定作物需要灌溉的时期,是灌溉农业中力图解决的重要课题。多年来国内外许多学者都致力于这方面的研究工作。学者们认为,确定作物需要灌溉的时期问题,大体上有四种方法。

一、根据作物的形态变化指导灌溉

根据作物形态变化指导灌溉,即是依据外部形态诸如茎、叶颜色的变化,叶片失去膨压而凋萎下垂,抽穗开花情况等外部征状决定灌溉时间。这种方法具有一定片面性。因为当作物外部形态呈现出缺水迹象时,其内部生理已经受到危害,从而使产量受到不可挽回的损失。另外,有时由于外界气候条件的骤变(干热风、气温突然升高、相对湿度下降等)致使作物叶片凋萎下垂,但此时土壤水分往往并不缺乏。上述情况说明,形态学指标有时候贻误了适宜的灌溉时期,有时则过早地预报了灌溉要求。运用这种方法指导灌溉对于经验不足的人更易犯错误〔19〕。但是,此法不需要任何仪器设备,只凭感观和经验。我国是个灌溉历史悠久的国家,广大农民运用此法具有丰富的经验,至今仍在灌溉实践中应用。

二、按既定方案在一定发育时期进行灌溉

这种方法主要是凭借一定经验以及各种作物的需水规律、当地的土壤条件、气候条件等资料事先拟定出灌溉方案,然后在作物的某几个发育时期进行灌溉。苏联学者科斯马托夫对此作过系统的研究,他认为这种方法既未考虑作物本身的需要与状态,又不考虑当时的土壤水分、气候条件等因素,机械地规定灌溉是不可取的。只有在气象条件相当稳定或常年干旱少雨的地区方可适用。当然,一些水利管理部门采用此法主要用以拟定用水计划。

三、根据根层土壤湿度确定灌溉时期

采用土壤湿度指标指导灌溉,是由来已久的方法。采用这种方法的关键,在于确定适宜的土壤水分的上限和下限。由于土壤类型、肥力、作物种类、品种、耕作栽培水平及产

量水平等各异，这个问题是相当复杂的。很多学者认为，田间持水量就是可给态水的上限，土壤湿度高于田间持水量就会很快下渗流失〔4〕。但是，适宜的土壤水分下限问题，学者们观点有分歧。费尔、魏梅耶尔等人认为下限就是凋萎湿度。苏联学者H.A.马克西莫夫则认为，土壤水分降到凋萎湿度时，作物已经受到干旱的危害，在其全部生命活动中已经造成不可挽回的损失。他认为适宜的土壤水分下限应该高于凋萎湿度，而且与作物的丰产要求相适应〔15〕。

几十年来，国内外大量学者都致力于测定土壤水分方法的研究。到目前为止已经探讨过的方法有几十种之多（干燥法、酒精法、热导、电导、电容、诱导、中子法、 γ 射线、张力计等等），但都不尽完善。这是因为土壤本身是一个相当复杂的综合体，测定土壤水分时受影响的因素太多，各因素之间又互相干扰，错综复杂。目前，应用于干燥法（采用土钻、铝盒、烘箱）测定土壤水分的较多。但此法在盐渍化土地上不宜采用，因为由于盐分的存在，虽然土壤含水量较高但水分不能为作物利用。本世纪三十年代开始，国外一些生理学家及灌溉专家研究各种灌溉指标认为：不管土壤水分指标测定是否准确，而这个指标本身必竟是一个间接指标。我们知道灌溉的对象是作物，而不是土壤。这正象K.A.季米里亚捷夫指出的那样“只有作物本身才能够最正确的回答土壤水分状况以及植物的水分保证情况”。因此，人们开始注意研究用水分生理指标来指导灌溉。这就是说要直接寻找作物供水指标，使之能客观而且灵敏地反映出作物的供水状况，又要具备简单可行的测定方法便于在实践上应用〔16〕。

四、用作物水分生理指标指导灌溉

研究水分生理指标决定灌溉时期，是近代植物生理学对灌溉农业的贡献之一〔18〕。研究生理指标的目的在于了解作物需水程度，确定灌溉时期；研究灌溉对作物生长发育及产量的影响；评价灌溉制度的优劣。

采用水分生理指标指导灌溉的理论依据在于：作物遭受干旱时体内淀粉发生水解，糖的浓度提高，酶的活力向水解方向增强，削弱了合成过程。这就是说，作物体内的水分状况直接影响有机体的合成与分解，而这些过程又具有调节细胞液浓度的能力。当土壤水分充足时细胞液浓度稳定，只有昼夜间变化。水分不足时各器官可自行调节〔21〕。当土壤水分不足时，虽然外部形态尚未呈现出征象，其内部生理现象已经发生变化，这说明对于外界条件的某些变化作物本身有灵敏的反应能力。依据这一理论考虑作物生理过程与土壤湿度的相互关系，就可借助于某些水分生理指标指导作物灌溉〔9〕。

应用水分生理指标指导作物灌溉的研究工作早在三十年代初期，苏联生理学家H.A.马克西莫夫开始研究。我国学者从五十年代开始进行有关研究工作。几十年来，国内外学者对此进行了大量的研究工作。到目前为止已经研究过的生理指标有：细胞液浓度、叶片吸取力、气孔开张度、伤流、蒸腾强度、渗透压等等。其中以前两个指标研究的最为详细，并在灌溉实践中得以应用。

（一）指导作物灌溉的细胞液浓度指标

M.Φ.洛包夫等人研究细胞液浓度结果指出：“叶片细胞液浓度的变化主要受供水条

件和叶龄的影响”这是细胞液浓度作为确定灌溉适期的生理指标的理论基础〔25〕。细胞液浓度与作物的生长发育密切相关，细胞液浓度对外界条件变化反应灵敏。此法测定简便，指示准确，被认为是比较理想的指导灌溉的生理指标。苏联生理学家А.Ф.洛鲍夫最早提出了细胞液浓度折射仪法，是此法的奠基人。多年来诸如：Н.С.彼季诺夫、Г.М.季杰夫、В.С.罗蒂欧诺夫等学者对此进行过大量研究。

1、有关细胞液浓度研究的几个观点

(1) 细胞液浓度与作物的生长发育速度密切相关，浓度与土壤湿度呈负相关〔14〕。两者相关系数达到 -0.97 ± 0.008 〔13〕。В.С.洛吉诺夫测定了1145次细胞液浓度和2550次土壤湿度绘出两者的相关曲线认为：在土壤湿度为田间持水量的80~100%之间时，土壤湿度与细胞液浓度相关性较小。当湿度为田间持水量的75~80%时相关性明显增大。土壤湿度为田间持水量的61~65%相关性最大〔11〕。

(2) 气象因素与细胞液浓度存在高度相关性。随着温度的提高及空气湿度下降其细胞液浓度不断增加。中午时的高温低湿可使浓度上升2~5%〔8〕。日变化规律是早晨最低，以后渐增至午后1~2点钟达最大值，傍晚递减夜间达最低值〔1〕。

(3) 土壤水分不足时，叶片细胞液浓度从下层至上层递增，但最上层未全展开叶片浓度低〔24〕。形态学上的幼嫩部分和新陈代谢活跃器官细胞液浓度低。当土壤水分充足时，并不随着植株的衰老而使浓度增加。相反，当叶片接近死亡时，营养物质开始外流，叶片细胞液浓度有所降低。

(4) 当土壤水分充足时，施用一般用量的肥料不会引起细胞液浓度提高〔7〕，由于肥料促进了作物生长，使其鲜重有较大增加而细胞液浓度有所下降。

(5) 作物灌溉后细胞液浓度降低，但不是立即达到最低点。一般是地面灌溉后2~3天，喷灌后1~2天浓度降至最低限度。有时当土壤水分过多，会因土壤通气性变坏而使细胞液浓度有所提高。

2、测定细胞液浓度应注意的几个问题

采用阿贝折射仪测定细胞液浓度是比较准确可靠、简便易行的方法。А.Ф.洛鲍夫、В.М.彼德鲁尔、А.А.费利波夫等学者进行过较详尽研究，认为应注意：

(1) 取样叶片的层次及部位：土壤水分不足时不同层次叶片细胞液浓度增高不一致〔16〕。测定时要根据不同发育时期选取固定层次叶片榨取汁液。应选择已完成生长而生理活性旺盛的叶片为宜。棉花选取由上至下第3~4片叶；小麦选2~3片叶；玉米前期选第5、10片叶，后期选穗位叶。大豆可选取叶柄。应该注意到叶片各段浓度不同，距离叶基部越远则浓度急剧增加。

(2) 测定取样时间：由于高温和低湿作用，中午测定浓度指标偏高。早晨6~7点钟由于低湿高湿，甚至在土壤水分不足时浓度指标仍会偏低〔21〕。邱米纳和季杰夫(Чумина, Титев)认为应在12~13点浓度最大值时测定。洛鲍夫和日科夫(Добов, Лбгов)认为应在10~11点测定。大多数研究者认为不能在每日气象指标最大和最小时取样。建议在每天9~10点钟为宜。А.Ф.洛鲍夫认为取下叶片放在折射仪上测定间隔时间不应超过15~20分钟。而涅日涅尔等人进行1500余次试验认为，取下叶片后3~4小时内榨

取汁液细胞液浓度不变。

(3)、取样重复次数:多数学者研究认为,在生产条件下由于土地面积大,地形、地势各异,土壤水分差异及植株发育个体差异等因素决定了测定时应该进行大量重复。统计分析表明,五次重复的近似误差绝对值和根方均值误差都大。在生产条件下可重复十次。小区试验处理间可重复3~5次。

(4)、榨取汁液时选取叶片数量力求一致,压榨时保持用力均匀一致。否则会因用力过大将细胞内非溶性物质(叶绿体、蛋白质等)压出,致使镜检时视野模糊。这方面造成的误差往往可达到0.5~1.0%。最好一次压榨出汁液,避免反复压榨造成误差〔17〕。

3、几种作物需要灌溉的参考指标

由于受灌作物的种类、品种特性不同,栽培地域的土壤条件、气象条件的差异,不能指望有统一的指标,只能因地、因时制宜地去摸索具体指标。这里仅就前人的研究结果列举一些参考指标。

(1)大豆:赫尔松农学院的B.C.斯涅高沃伊等人资料表明,大豆叶片细胞液浓度开花之前以9.8%为临界值,开花后以8.6%为临界值,超过此限应该进行灌溉〔26〕。我们采用大豆叶柄作材料测定细胞液浓度认为:开花前叶柄细胞液浓度低于4.0~5.0%为宜;高于6.0%则需要灌溉。开花至鼓粒期间以5.0~5.5%为宜,高于6.5需要灌溉。

(2)玉米:H.C.高廖诺夫和B.M.彼德鲁宁研究表明,玉米从苗期至圆锥花序开花,第七片叶极限浓度为7%。果穗花序器官形成第十、十一、十二阶段,籽粒形成期第十片叶浓度极限为11~12%〔12〕。Г.М.季杰夫资料指出,抽雄前十天细胞液浓度临界值为7.0%;抽雄期为8.0%;开花至灌浆期临界值为9.0%〔5〕。我们的试验结果认为,抽雄前第十片叶临界值为7~8%;吐丝后穗位叶为9.0%。

(3)小麦:苏联季米里亚捷夫植生所确定春麦灌溉极限值为:分蘖始至拔节为5.5~6.5%;拔节至抽穗6.5~7.5%;灌浆期8.0~9.0%;成熟期11~12%。我们的资料为,三叶期至抽穗叶片细胞液浓度以5.0~6.5%为宜;开花至灌浆阶段以8.5~10.5%为宜,超过上限应立即灌溉。

(二)指导灌溉的叶片吸取力指标

国内外学者对叶片吸取力指标的研究比较详细,但学术观点有分歧。B.C.彼德罗夫、C.H.雷诺夫、叶尔明科等人认为,叶片吸取力不能用来确定灌溉时间。因为吸取力受温度、空气相对湿度、风、云量变化以及受取样时间、叶片层次等影响,彼此关系错综复杂。但是,B.C.沙尔达科夫等人从理论上系统的研究了这些问题。沙尔达科夫是第一位建议用吸取力作为灌溉指标的学者。他正确地确定了测定时间,叶片层次等规律。H.C.彼季诺夫、莫尔兹等人研究认为,叶片吸取力与土壤湿度之间存在高度负相关〔10〕。而吸取力与温度及空气相对湿度几乎完全没有相关。吸取力是细胞能否获取水分和保持水分的综合指标。土壤水分不足叶片吸取力迅速增高,灌溉后则下降。

1、有关吸取力指标研究的几个观点

(1)作物不同层次叶片的吸取力受土壤水分的影响不同,下层叶片影响大,最上层已完成生长的叶片则相反。未长成的幼嫩叶片在任何土壤水分状况下其吸取力均较其它部位高。

(2)土壤水分不足时,作物各层叶片的吸取力差异很明显。土壤水分充足时细胞

含水量处于饱和状态,各层次叶片吸取力相当,都稳定在较低水平上。

(3)测定作物叶片吸取力可采用H. A. 马克西莫夫和H. C. 彼季诺夫的补偿法; B. C. 沙尔达科夫改良液流法。最上层叶片吸取力对土壤水分反应不如下层叶片敏感。测定时应该选择较下层没衰老破乱的叶片〔20〕。

(4)叶片吸取力的日变化是一个高峰曲线,一般应在每日的13~14点钟取样测定为宜。

2、几种作物需要灌溉的吸取力参考指标

(1)棉花: B. C. 沙尔达科夫资料指出,不论棉花处在什么发育阶段,只要叶片吸取力达到14~15个大气压即应该进行灌溉〔3〕。A. H. 尼舍娜认为不同发育时期应有不同指标:花期前为12个大气压为临界值,花期为14,果实形成至成熟期为16个大气压。A. T 克拉皮维纳确定为现蕾前6~7个大气压,现蕾期7~8,开花期8~10,结实期9~11,裂铃期12~13个大气压〔2〕。陈宁福的资料认为,棉花吸取力在13~15个大气压时具有较强的光合作用,灌溉指标过高或过低光合作用都有降低趋势〔22〕。

(2)小麦: 贝津诺夫等人的资料指出,决定春小麦需要灌溉的吸取力临界值为:分蘖初期至拔节8~9个大气压;拔节至抽穗9~10个大气压。K. A. 季米里亚捷夫植生学院资料认为,冬小麦需要灌溉的吸取力临界值为分蘖初至孕穗9~10,孕穗至抽穗为10~12,灌浆期13~14个大气压。H. C. 彼季诺夫和3. A. 辛尼莘娜研究认为可依据下列指标灌溉冬小麦:分蘖至拔节叶片吸取力9~10个大气压,拔节至抽穗11~12,籽粒形成13~14,乳熟期15~17个大气压〔23〕。

(3)玉米: H. C. 彼季诺夫指出,玉米需要灌溉的叶片吸取力临界指标为出苗—抽雄6~7个大气压,抽雄—抽丝末期5~6个,灌浆—乳熟8~9个大气压。

其它一些水分生理指标诸如:伤流、蒸腾强度、气孔开张度、自由水与束缚水含量、吸水能力、电解质外渗量等等。它们也能指出作物的供水状况,可以评价灌溉对作物的影响,显示不同湿度条件下作物的生活力及其抗性。但是上述这几个生理指标有的是因为不够灵敏准确,不易指标化,有的则是没有简便易行的测定方法,从而都不便作为灌溉指标在实践中应用

众所周知,作物灌溉是某些地区高产稳产的关键性措施。随着农业生产水平的提高,灌溉日趋迫切。制定某一地区受灌作物的灌溉制度是一项复杂的工作。科学的确定灌溉时期则是关键地一环。利用水分生理指标决定灌溉时期,是近代植物生理学对灌溉农业的贡献之一。由于各地区的气象条件、土壤条件、肥力水平、作物种类及品种特性、耕作栽培措施及生产水平等诸因素错综复杂地影响着作物的水分状况。因此,我们在选取灌溉指标用以指导灌溉实践时,应该全面考虑三方面问题。首先应该详尽地了解前人的有关研究成果以此作为借鉴;其次是熟知当时当地的各方面条件,从而因地制宜的摸索适合本地区的各种作物灌溉指标;最后展望农业科学的发展前景,可能会出现更精密准确的测试仪器及方法。综合起来考虑选择灌溉指标,努力实现灌溉农业指标化,保证作物高产稳产。

主要参考文献

- (1) Белик В. Ф. К вопросу о диагностировании потребности помидоров в поливах по Сосушей силе И Концентраций клеточного сока листьев. Физиология растений 1960. 7.

- [2] Крапивина А. Т. Поливы хлопчатника по Сосушей силе листьев. Физиология растений том10. Вып1. 1963.
- [3] Филиппов. Л. А. Опеределение ороков полив на хлопчатника по Со-сушей, сили листьев Известия ТСХА. Вып3 1964.
- [4] Рыжов С. Н. Физиологический и почвные показатели потребности В орошении Сельскохозяйственные культур. Почвоведение 1965.11.
- [5] Титев.Г.М. Диагностирование сроков полива гибридной кукурузы по физиологический показателям. Вестник С.Х. Наука 12. 1968.
- [6] Примакова Г.С. Диагностирование сроков полива кукурузы по физиологический показателям. кукуруза 1960.7.
- [7] Петин. Н. С. Физиологический основа рационального режим ороше-ния и питания сельскохозяйственные куртур. Вестник С—Х. Науки 1965.
- [8] Горюнов. Н. С.Определение сроков полива кукурузы по Физиологи-ческий показателям. кукуруза 1960.12.
- [9] Лобов. М. Ф. Сомношения между ростом и концетрацией клеточного сока у растений.Ботанический журнал Том 36 .1951.
- [10] Петин. Н. С. Физиологический показатели вадоснабжения растений В орошамом земледелий. Вестник академий Наук СССР 1954.
- [11] Родинов. В. С. Диагностика сроков и возможности определения норм полива по показателю концетрация клеточного сока кукурузы. Физиология растений Том9 Вып 1. 1962.
- [12] Горюнов. Н. С. Диагностирование сроков полива кукурузы по физиологический показателям. Физиология растений Том 13 Вы 3. 1966.
- [13] Горюнов. Н. С. Физиологическая оценка режима орошения сои Физиология растений. Том11. Вып 6. 1964.
- [14] Петин. Н. С. Эффективность физиологического метода установления сроков полива. Гидротехника и мелиорация 1964.4.
- [15] Петин. Н. С. Бердышев. В. Д. Биологические основы орошаемого земледелия. Гидротехника и мелиорация. 1965.8.
- [16] Филиппов. Л. А. Физиологический обоснование момента полива хлопчат-ника. Известия Тимирязевский С—Х. академий 1963.
- [17] 刘表喜: 植物叶表细胞液浓度测定方法 安徽农业科学 1965.4.
- [18] 余叔文: 植物的水分生理指标 植物生理学通讯 1958.2.
- [19] 王万里 (译): 作物需要灌溉的生理指标 植物生理学通讯 1959.2.
- [20] 张维经: 根据叶子吸水压作为棉花灌溉生理指标试验的一点体会和意见 植物生理学通讯 1957.1.
- [21] 陈玉民 (编译): 从植物水分生理角度进行作物灌溉研究.农业译丛 1964.4.
- [22] 陈宁福: 根据棉叶吸水力确定棉花灌水期.植物生理学通讯 1963.2.
- [23] 彼季诺夫Н.С.按照叶子吸取力和渗透压指标确定各小麦灌溉时期 苏联农业科学 1957.8.
- [24] 彼季诺夫Н.С.根据细胞液浓度测定作物灌溉时期.灌溉农业生物学基础 1957.
- [25] 李文祥: 用生理方法确定棉花灌水适期 植物生理学通讯 1959.1.
- [26] 斯涅高沃伊 В. С 根据叶片细胞液浓度诊断大豆灌溉时期的问题, 灌溉农业 1966.