

ICS 93.160

P 57

**SL**

中华人民共和国水利行业标准

**SL13—2004**

替代 SL 13—90

---

# 灌溉试验规范

**Irrigation experiment standard**

**2004-10-13 发布**

**2005-02-01 实施**

---

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部  
关于批准发布《灌溉试验规范》  
SL 13—2004 的通知

水国科[2004]454 号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水利局：

经审查，批准《灌溉试验规范》为水利行业标准，并予发布。标准编号为 SL 13—2004。代替《灌溉试验规范》SL 13—90。

本标准自 2005 年 2 月 1 日起实施。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

二〇〇四年十月十三日

## 前 言

本规范是依据《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002),对《灌溉试验规范》(SL13—90)进行修订的。

本规范共 11 章 45 节 254 条和 3 个附录,主要技术内容有:

- 灌溉试验站网建设;
- 作物及林、草蒸发蒸腾量观测试验;
- 作物及林、草灌溉制度试验;
- 作物劣态试验及灌溉效益试验;
- 灌溉方法及灌水技术试验。

本次修订的主要内容有:

- 补充了灌溉试验站职责、任务与技术要求;
- 增加了林、果、蔬菜、草和其他经济作物灌溉试验;
- 增加了非充分灌溉试验;
- 补充了参考作物蒸发蒸腾量分析计算所需参数的灌溉试验;
- 增加了作物水分生产函数与水肥生产函数试验;
- 增加了组合种植条件和设施农业条件下灌溉制度试验;
- 增加了交替沟灌、膜上灌、管(带)低压输水灌溉、波涌灌等节水灌溉技术试验;
- 增加了劣质水安全利用灌溉试验;
- 增加了作物生理生态、田间水量、气象因素等观测的新技术、新方法及其技术要求;
- 强调采用计算机进行灌溉试验资料的整理、汇编和归档。

本标准全文推荐。

本规范所替代标准的版本为:

- SL 13—90

本规范批准部门：中华人民共和国水利部

本规范主持机构：水利部农村水利司

本规范解释单位：水利部农村水利司

本规范主编单位：中国灌溉排水发展中心

水利部农田灌溉研究所

本规范参编单位：西北农林科技大学

河海大学

武汉大学

河北省水利技术试验推广中心

本规范出版、发行单位：中国水利水电出版社

本规范主要起草人：李远华 段爱旺 蔡焕杰 彭世彰

崔远来 孙景生 李会昌 许建中

本规范审查会议技术负责人：茆 智

本规范体例格式审查人：牟广承

# 目 次

1	总则	8
2	术语	9
3	灌溉试验站网建设	11
3.1	灌溉试验站网布设	11
3.2	灌溉试验站的职责与任务	11
3.3	灌溉试验站基础设施建设	12
4	灌溉试验设计	13
4.1	设计程序及设计书	13
4.2	试验处理与重复	13
4.3	试验小区布置	14
5	作物蒸发蒸腾量试验	16
5.1	一般规定	16
5.2	测定作物蒸发蒸腾量的设备	16
5.3	旱作物蒸发蒸腾量和地下水补给量试验	17
5.4	水田作物蒸发蒸腾量和渗漏量试验	18
5.5	作物系数和土壤水分修正系数的确定	19
5.6	作物蒸发蒸腾量试验成果的整理与分析	20
6	灌溉制度与灌溉效益试验	22
6.1	一般规定	22
6.2	旱作物灌溉制度试验	23
6.3	水田作物灌溉制度试验	24
6.4	林、果树灌溉制度试验	25
6.5	作物适宜灌溉控制指标试验	26
6.6	有效降雨量测定	27
6.7	非充分灌溉条件下的灌溉制度试验	27
6.8	作物灌溉效益试验	28

7	作物水肥生产函数与劣质水安全利用试验	30
7.1	作物受旱试验	30
7.2	作物水分生产函数试验	31
7.3	作物水肥生产函数试验	32
7.4	作物水分生产函数试验成果的分析	33
7.5	劣质水安全利用试验	34
8	灌溉方法及灌水技术试验	36
8.1	灌溉方法试验	36
8.2	畦灌灌水技术试验	37
8.3	沟灌灌水技术试验	38
8.4	格田灌水技术试验	38
8.5	喷灌灌水技术试验	39
8.6	微灌灌水技术试验	39
8.7	其他灌溉方法与灌水技术试验	40
9	土壤、作物、气象及水分条件观测	42
9.1	土壤理化性质测定	42
9.2	土壤水分特性和含水率测定	43
9.3	灌溉水质测定	45
9.4	作物生长发育进程调查	46
9.5	作物生理生态指标测定	47
9.6	气象及田间小气候观测	47
9.7	灌溉、排水水量及水田作物田间水深观测	49
10	灌溉试验资料的整理与分析	50
10.1	一般规定	50
10.2	资料的整理	50
10.3	资料的分析	52
10.4	资料的整编	52
11	灌溉试验成果的管理与应用	54
11.1	试验资料的管理	54
11.2	试验成果的应用	55

附录 A 灌溉试验站条件.....	56
附录 B 计算公式 .....	59
附录 C 水稻、冬小麦、玉米、棉花生育性状调查 .....	71
标准用词说明 .....	77

# 1 总 则

**1.0.1** 为满足农业节水发展要求，提高灌溉试验的科学技术水平，保证试验成果可靠、准确、实用、先进，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于以下四类试验：

- 作物及林、草蒸发蒸腾量观测试验；
- 作物及林、草灌溉制度试验；
- 作物劣态试验及灌溉效益试验；
- 灌溉方法及灌水技术试验。

对于不属于以上四类的试验研究项目，其中若有部分内容在本规范中作了规定，则应符合本规范要求。

**1.0.3** 灌溉试验应坚持水利与农业、田间试验与室内分析相结合的原则，其成果应有利于提高灌溉水利用率和水分生产率。

**1.0.4** 开展灌溉试验应同时符合以下条件：

——明确为促进农业节水、水资源优化配置与高效利用服务，为农田合理灌排，灌溉系统规划、设计、改造、管理，灌溉效益分析，劣质水安全利用，灌溉方法与灌水技术参数选择，环境保护与生态建设以及种植结构调整提供依据。

——技术上具有先进性和实用性。

——在充分收集资料与调查研究基础上，掌握国内外已有的试验成果，避免不必要的重复。

——具备必要的技术力量、资金和设备条件。

**1.0.5** 灌溉试验除应符合本规范规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 旱作物 upland crops

在作物生育期内，无保持水层要求的大田或设施农业条件下的粮食作物、经济作物、牧草等。

### 2.0.2 水田作物 wetland crops

在作物全生育期或某些生育阶段，需要保持一定水层要求的作物，如粮食作物、水生经济作物和水生绿肥作物等。

### 2.0.3 作物蒸发蒸腾量 crop evapotranspiration

作物棵间蒸发量与作物植株蒸腾量之和。其计量单位以水深表示，单位为 mm；或用一定时段内的日平均值表示，单位为 mm/d。

### 2.0.4 参考作物蒸发蒸腾量 reference crop evapotranspiration(简称参考蒸发蒸腾量 reference evapotranspiration)

一种假想参考作物的蒸发蒸腾速率。假想作物的高度为 0.12m，固定的叶面阻力为 70s/m，反射率为 0.23，非常类似于表面开阔、高度一致、生长旺盛、完全覆盖地面且不缺水的绿色草地蒸发蒸腾量。参考作物蒸发蒸腾量的计量单位以水深表示，单位为 mm；或用一定时段内的日平均值表示，单位为 mm/d。

### 2.0.5 灌溉制度 irrigation regime

作物播种前(或作物移栽前)及其全生育期内的灌水次数、每次的灌水时间、灌水定额以及灌溉定额。

### 2.0.6 非充分灌溉 deficit irrigation

为获得总体效益最佳而采取的不充分满足作物需水要求的灌溉模式。

### 2.0.7 作物适宜灌溉控制指标 reasonable indices of crop irrigation

作物不同生育阶段灌溉的适宜土壤含水率(或田面水层深

度)的控制上、下限值,适宜土壤水分吸力范围,适宜土壤湿润层深度及土壤湿润范围,适宜作物生理生态指标和灌水定额。

#### **2.0.8 作物水分生产函数 crop water production function**

水分投入与作物产出之间的数学关系,包括不同阶段、不同程度缺水以及缺水历时对作物产量影响的定量关系。

#### **2.0.9 作物水肥生产函数 crop yield-water and fertilizer relations**

水分和肥料投入与作物产出之间的数学关系,包括不同阶段、不同程度缺水、不同缺水历时以及不同肥料供应量和施入方式对作物产量影响的定量关系。

#### **2.0.10 作物水分生产率 crop water productivity**

在一定的作物品种和耕作栽培条件下,单位水量投入所获得的产量(一般指经济产量),其值等于作物产量与作物净耗水量或蒸发蒸腾量之比值,单位为  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

#### **2.0.11 有效降雨量 effective rainfall**

能用于作物生长需要的那部分降雨。对于旱地,指保存在根系吸水层内以及降雨过程中蒸发蒸腾消耗掉的雨量;对于水田,指蓄存在根系吸水层内、田面上以及降雨过程中蒸发蒸腾和渗漏消耗掉的雨量。

#### **2.0.12 灌溉效益 irrigation benefit**

在同样栽培条件下,灌溉与不灌溉相比所增加的作物产量或产值。

## **3 灌溉试验站网建设**

### **3.1 灌溉试验站网布设**

**3.1.1** 建立全国灌溉试验站网体系，应经过科学的规划与论证。灌溉试验站网应布局合理、职责明确、运行稳定，基本覆盖全国主要的气候类型、江河流域、作物种类、水资源状况及生产水平区域。规划应因地制宜，在基本资料齐全和可靠的前提下进行，并作方案比较。

**3.1.2** 全国灌溉试验站网宜由灌溉试验总站、省级中心试验站和省级重点试验站三级站网组成。各省（自治区、直辖市）根据自然条件设 1 个中心试验站和若干个重点试验站。

**3.1.3** 省级重点试验站可设立若干基础数据采集点。基础数据采集点不纳入全国灌溉试验站网建设与管理体制，由各省（自治区、直辖市）委托中心试验站和重点试验站组织与协调。

### **3.2 灌溉试验站的职责与任务**

**3.2.1** 灌溉试验总站除开展本身的灌溉试验研究外，还应负责全国灌溉试验工作发展规划，承担全国灌溉试验站网业务活动的组织与协调，对省级中心试验站和省级重点试验站进行业务指导及人员培训，承担全国灌溉试验资料的整理汇编、灌溉试验资料数据库的管理以及全国灌溉农业基础数据报告的编制等工作。

**3.2.2** 省级中心试验站除协助灌溉试验总站执行全国协作研究任务、开展本身的常规与专题灌溉试验研究外，还应负责全省（自治区、直辖市）灌溉试验工作发展规划的制定，统筹安排灌溉试验计划，承担全省（自治区、直辖市）灌溉试验站点业务活动的组织与协调，对基层灌溉试验站进行业务指导及人员培训，承担全省（自治区、直辖市）灌溉试验资料的整理汇编、灌溉试验资料数据库的管理等工作。

**3.2.3** 省级重点试验站在业务上接受灌溉试验总站和所在省(自治区、直辖市)中心试验站的指导,承担全国协作项目和所在省(自治区、直辖市)协作项目的试验研究任务,进行与灌溉农业有关的相关资料积累为目标的观测、试验与调查,开展先进灌水技术推广与示范。

### **3.3 灌溉试验站基础设施建设**

**3.3.1** 各级灌溉试验站应根据承担的任务,配置相应的试验设施、仪器设备和相应的资料室、办公室、理化分析室、库房及生活设施,配备具有水利、农学、土壤、农业气象等方面基础知识的研究人员。试验场应具有可靠的水电条件和完善的灌溉排水设施。三级站网应配置的设施和人员,见本规范附录 A。

**3.3.2** 建立灌溉试验站时,应组织水利、农业等有关部门,根据试验任务和要求,深入细致地勘测、调查,作出多种方案比较,择优选定试验场地。

**3.3.3** 各站应有专用试验场,包括试验区 and 气象观测场。试验场内的气象、地形、地貌、土壤、水文地质和农业生产等方面的条件,应具有较好的代表性。试验场不宜靠近水库、大沟、大渠、河道、湖泊、铁路、公路、高大建筑物以及对试验有影响的工厂和污染源。试验田的周围如有房屋、围墙、树林等物障,则试验田与其距离应大于物障高度的 5 倍。

**3.3.4** 试验场区域内的地面宜平坦,试验田的土壤结构及其肥力应均匀一致。试验场建设如需平整土地,应不扰乱原有土壤结构。试验站的道路布置应满足生产、生活、田间管理和观测记载的需要。

## 4 灌溉试验设计

### 4.1 设计程序及设计书

4.1.1 开展灌溉试验前，应根据试验任务的要求，编写试验设计书。

4.1.2 灌溉试验设计书应包括以下几方面内容：

- 试验课题名称；
- 试验的时间和地点；
- 试验目的、意义及其依据；
- 试验方案设计，主要是确定试验处理和重复方法；
- 田间试区（小区或大区）规划设计，并附试区布置图；
- 主要农业技术措施；
- 试验的技术路线，观测和调查的项目与方法；
- 试验资料的统计分析方法与要求；
- 经费预算与必需的仪器设备、工具、材料计划；
- 项目负责人、试验人员（包括工人）的分工和职责。

### 4.2 试验处理与重复

4.2.1 确定灌溉试验的处理应遵循下列主要原则：

——处理应有针对性。应根据试验要求解决的问题，选择若干主要对比因素，将其划分为几个水平，组合成对比处理。

——水平划分时应注意使不同水平之间的差异和处理数目便于进行试验和成果分析。各因素的最高与最低水平以及各水平之间的差别应恰当选定。

——应结合以往进行的试验和以后可能的发展，保持试验成果的连续性和系统性。

——对研究规律或探求各因素之间定量关系的试验，可安排恶劣状态或受害水平的处理。

——试验处理设计应有利于对试验结果进行统计学检验。

——应设置对照处理，作为比较的标准；对照处理应采用当地应用最广泛的技术措施。

**4.2.2** 在多因素试验条件下，对于只有 2~3 个因素且各因素只有 2~3 个水平的试验，宜采用全面试验法安排处理；试验处理数目过多时，可采用部分试验法（如正交试验法、旋转试验法和最优试验法等）安排处理。

**4.2.3** 除了多点的大田示范性试验以外，灌溉试验都应设置重复试区。小区试验应不少于 3 次重复，中间示范性试验应不少于 2 次重复。

**4.2.4** 有植物或土壤采样要求、并可能引起试验代表性发生变化的试验，重复数应适当增加。

### 4.3 试验小区布置

**4.3.1** 应根据试验场地总面积、土壤肥力分布状况，并结合试验的设计任务，统一规划试验小区。试验小区规划包括各项试验的试区布置，每个试区的小区排列，保护区、隔离区的布置，渠道、沟道及附属建筑物的布置，并应绘出田间规划布置平面图。

**4.3.2** 在同一重复试区内，各处理试验小区的形状、方向、面积应一致。每个试区的面积应根据试验项目、作物种类、试验地总面积和土壤肥力差异程度以及处理数和重复数等因素来确定。对于作物蒸发蒸腾量、灌溉制度、作物水分生产函数、劣质水安全利用、灌溉方法、灌水技术和灌溉效益试验，低矮或种植密度大的作物每个试验小区面积应大于  $60\text{m}^2$ ，植株高大或种植密度小的作物每个试验小区面积应大于  $130\text{m}^2$ ，中间示范性试验每个试区的面积宜大于  $300\text{m}^2$ 。

灌溉方法试验中若有喷灌，其试区面积应根据喷头类型和组合方式确定：采用摇臂式喷头，试区面积应大于  $300\text{m}^2$ ；采用折射式喷头，试区面积应大于  $60\text{m}^2$ 。设施农业条件下的灌溉试验，应结合温室或大棚内的小气候条件和栽培管理要求等安排试区，小

区面积可适当减小。

**4.3.3** 对于矩形试验小区,其长边应顺着土壤差异的方向。

**4.3.4** 布设小区时应使同一重复区内各处理小区之间的自然条件(土壤、地形、水文地质、前茬作物等)差异最小。

**4.3.5** 小区排列应有利于消减土壤差异带来的误差,宜采用随机排列、随机区组排列或拉丁方排列,不应采用顺序排列和集中排列。

**4.3.6** 整个试验区中与小区长边平行的两端应设保护区,每一保护区的宽度不宜小于小区宽度的一半。与小区短边方向平行的两端应设保护带,宽度宜为 1~2m。保护区中应安排与相邻小区同样的处理,保护带的处理应与所在的小区相同。保护区、保护带不计入试区面积。

对于旱作,当田埂防渗条件差时,应在每两个小区之间设置 1~2m 宽的隔离带。喷灌试验各小区之间以及喷灌与其他灌溉方法的试区之间,应设置隔离区,其宽度的确定应使相邻小区的喷洒水滴不发生相互交叉。隔离带及隔离区中种植与试验区内相同的作物,但不计入试验区面积。

**4.3.7** 试验区的灌溉渠道(管道)与排水沟道(管道)应分开布设。

## 5 作物蒸发蒸腾量试验

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 逐日计算作物蒸发蒸腾量时,其日界应为北京时间 8 时整。作物蒸发蒸腾量的观测时间和阶段蒸发蒸腾量的统计及计算,应与日界的划分相一致。

**5.1.2** 逐日计算作物蒸发蒸腾量观测误差应不大于 0.1 mm,测定蒸发蒸腾量的仪器、仪表、测具等的精度应符合此要求。

**5.1.3** 测定作物蒸发蒸腾量时,应同时进行常年气象观测。项目包括:日平均气温、日最高气温、日最低气温,空气相对湿度,风速、风向,降水量,日照时数,气压和水面蒸发量。有条件的站应加测辐射。

### 5.2 测定作物蒸发蒸腾量的设备

**5.2.1** 作物蒸发蒸腾量可用蒸渗器(包括测坑和测筒)测定;只有地下水埋深大于 2.5 m(砂壤土)或 3.5 m(黏土、壤土)的旱田,可在试验小区中直接测定作物蒸发蒸腾量。

**5.2.2** 蒸渗器应符合下列要求:

——不渗水,导热性低,耐冻,结构牢固。

——测筒形状应为圆形、正方形或矩形,测坑形状应为矩形或正方形。

——测筒内土壤表面积不宜小于  $0.36\text{m}^2$ ;密播作物的测坑内土壤表面积不宜小于  $4\text{m}^2$ ,对宽行作物宜适当加大测坑面积,树木的测坑内土壤表面面积不宜小于树冠投影面积。

——对于测坑,壁顶总面积不应超过坑内土壤表面积的 5%,坑壁地面以上部分宜采用薄壁钢板,并涂白色油漆。坑壁露出地面的高度宜为 10~15mm。

——蒸渗器内装土深度宜在 0.8~2.0m,可根据试验作物主

要根系活动层深度确定。蒸渗器装土应采取按原状土分层开挖、回填灌水沉实的方法。

——蒸渗器内土层下面应设滤层。若采用砂石滤层，滤层由上至下为细砂、粗砂、碎石，厚 20cm 以上，底部应设侧向排水管，管上设可调节、控制、测定排水量的装置。滤层底板应向排水管倾斜。

——向蒸渗器内灌水的设施，应能使器内土壤湿润均匀，不破坏器内土壤结构，能调节、控制、测定灌水量。

**5.2.3** 蒸渗器附近不应有影响气流正常运动的障碍物，蒸渗器周围应种植与器内同类的作物，其宽度应不小于 20m。

**5.2.4** 除年降水量小于 200mm 的干旱地区外，对于省级中心试验站和重点试验站，设置蒸渗器时，宜附设活动防雨棚。无雨时置放防雨棚的位置应使防雨棚与其最近蒸渗器的距离不小于防雨棚高度的 5 倍。

### **5.3 旱作物蒸发蒸腾量和地下水补给量试验**

**5.3.1** 旱作物蒸发蒸腾量试验应在不同供水水平和不同室盖条件下进行，林草蒸发蒸腾量试验方法及要求与旱作物试验相同。

**5.3.2** 一般条件下，可用取土法测定土壤含水率；对于省级以上的试验站，宜采用中子法、时域反射仪法、电测法等，并配合使用张力计法。

**5.3.3** 用取土法测定测坑内土壤含水率时，每次宜在坑内选定 1 个测点，分层取土，从地表至土层底止，每隔 10~20cm 一层。前后两次取土点的距离宜为 40~50cm，每次取土后应用土将取土孔回填密实。

**5.3.4** 在田测法试验小区内取土测定土壤含水率时，每次应选定 2~3 个测点。从地表起取土，每隔 10~20cm 一层，至耗水层深度止。前后两次取土点的距离宜为 50~100cm，每次取土后应用土将取土孔回填密实。

**5.3.5** 田测法试验小区的面积不宜小于 60 m<sup>2</sup>，小区的边界应做

隔水处理。小区内应设置测定灌水量、排水量以及地表径流量的设备。

**5.3.6** 在田测法试验小区内,应设置地下水位观测井。在蒸发蒸腾量测定期间,有地下水补给时应每天观测一次地下水位。

**5.3.7** 在小区或测坑中观测土壤含水率,应每 5~10d 观测一次;用测筒(称重式或漂浮式)观测蒸发蒸腾量,应每天观测一次。在灌水前、后,排水前、后,降水后,生育阶段转变以及试验开始(播种或栽种)和试验结束(收割、收获)时应加测。

**5.3.8** 用称重式测筒测定作物蒸发蒸腾量时,可按本规范 B.0.1 计算。

**5.3.9** 在测坑和田测法试验小区中通过测定土壤含水率确定作物蒸发蒸腾量时,可按本规范 B.0.2 计算。

**5.3.10** 应采用微型蒸渗仪(棵间蒸发皿)观测棵间土壤蒸发,灌水后或降水后 5d 内,宜每天定时称重换土,其他时间每 1~3d 定时称重换土。

**5.3.11** 若地下水埋深小于 2.5m(沙土、沙壤土)或 3.5m(壤土、黏壤土、黏土),观测旱作物蒸发蒸腾量时,应同时进行地下水补给量的观测。

**5.3.12** 地下水补给量可通过同时使用有底蒸渗器与无底蒸渗器(或观测小区)测定。两者中的作物、土壤以及各时期内土壤含水率等条件应相同。有底蒸渗器测出作物蒸发蒸腾量和无底蒸渗器(或观测小区)测出作物蒸发蒸腾量与地下水补给量的差值,两者相减得地下水补给量。

**5.3.13** 地下水补给量亦可直接测定。在有底蒸渗器中根据试验要求确定地下水位,蒸发蒸腾引起蒸渗器中地下水位下降时,向地下水位以下的含水层补水,所补充的水量即为地下水补给量。

## **5.4 水田作物蒸发蒸腾量和渗漏量试验**

**5.4.1** 水田作物蒸发蒸腾量试验应在不同供水水平下进行,可采用蒸渗器与小区相结合的方法测定蒸发蒸腾量与渗漏量。小区测

定蒸发蒸腾量与田间渗漏量之和，蒸渗器测定蒸发蒸腾量，二者之差算出渗漏量。

**5.4.2** 安置蒸渗器的试验小区和测定蒸发蒸腾量与渗漏量之和的田测法试验小区应分别布置。每个小区的面积不宜小于  $60\text{m}^2$ ，田测法试验小区四周应做隔水处理。田测法试验小区和蒸渗器均应设 3 次以上重复。

**5.4.3** 田面有水层时，应每日 8 时用水位计测定蒸渗器和小区中的水位，用容积法测定蒸渗器底排水量（渗漏量）；田面无水层时，应每隔 3~5d 观测一次土壤含水率；灌水、降水和排水前后均应加测。

**5.4.4** 蒸渗器及试验小区田面有水层时，测得每天水位后，可按本规范 B.0.3 计算蒸发蒸腾量和渗漏量。

**5.4.5** 蒸渗器及试验小区田面无水层阶段的蒸发蒸腾量和渗漏量可用以下方法确定：

——补水法：测定蒸渗器及小区内落干前水位、落干结束第一次灌水后的水位和灌水量、落于阶段的降水量、排水量，可按本规范附录 B 公式(B.0.4-1)~公式(B.0.4-3)计算；

——土壤含水率法：测定蒸渗器及小区内计算时段始末的土壤含水率、灌水量、降水量、排水量，可按本规范附录 B 公式(B.0.4-4)~公式(B.0.4-8)计算。

## **5.5 作物系数和土壤水分修正系数的确定**

**5.5.1** 参考作物蒸发蒸腾量 ( $ET_0$ ) 采用彭曼—蒙蒂斯 (Penman—Monteith) 方法计算，计算公式见本规范附录 B 公式(B.0.5-1)~公式(B.0.5-23)。

**5.5.2** 作物系数 ( $K_c$ ) 和土壤水分修正系数 ( $K_s$ ) 宜根据试验测定的蒸发蒸腾量和计算的参考作物蒸发蒸腾量分析确定。

**5.5.3** 省级中心试验站和重点试验站应分析不同年份在不同供水条件下的作物全生育期、各生育阶段、分旬和分月的作物系数和土壤水分修正系数。

## 5.6 作物蒸发蒸腾量试验成果的整理与分析

**5.6.1** 在试验工作结束后,应将原始观测资料进行系统整理。内容包括:

1 蒸渗器及试验小区的灌溉、排水条件和农业措施等基本条件;若安排了不同的处理,应列出各处理的情况。

2 试验作物的生育期、生长发育和生理状态的观测及考种测产的结果。

3 分别按月、旬及作物生育阶段计算、统计以下几个方面的内容:

- 1)气象资料,其项目与本规范 5.1.3 相同。
- 2)土壤含水率、土壤水分吸力的最高最低值及平均值,水田田面水层深度的最高、最低值及平均值。
- 3)地下水埋深的最大、最小和平均值。
- 4)旱作物蒸发蒸腾量的阶段总量及日平均值,地下水补给量的阶段总量及日平均值,地下水补给量占作物蒸发蒸腾量的百分比。
- 5)水田作物蒸发蒸腾量、田间渗漏量及二者之和的各阶段总量和日平均值。

**5.6.2** 对当年的作物蒸发蒸腾量资料,可从以下方面分析:

——绘制蒸发蒸腾量的日平均值在全生育期的变化过程线,分析其变化规律;

——绘制水田作物田间渗漏量的日平均值在全生育期的变化过程线;

——如有蒸发蒸腾量昼夜观测资料,宜针对不同的生育阶段和天气条件,绘制蒸发蒸腾量的昼夜变化过程线,分析其变化规律。

**5.6.3** 若在同一年内测定了不同处理(不同灌溉制度或不同农业措施等)的作物蒸发蒸腾量,宜根据该年资料用数理统计法分析以下关系:

- 旱作物蒸发蒸腾量与土壤含水率的关系；
- 水田作物蒸发蒸腾量与田间水分状况(水层、土壤含水率、落干程度等)的关系；
- 作物蒸发蒸腾量与植株冠层指标(叶面积指数、株高、叶气孔阻力等)、作物产量的关系。

**5.6.4** 同一试验站如具有5年以上的蒸发蒸腾量试验成果,应进行一次多年资料整编和分析;以后每增加5年资料,应重新进行一次多年资料分析。主要包括:

——绘制作物全生育期蒸发蒸腾量的逐年变化过程线,分析其与水文年度、气象因素的关系;

——分别以月、旬及作物生育阶段为时段,计算各时段的蒸发蒸腾量及水田作物田间渗漏量的多年平均值,绘制多年平均和典型年的日平均蒸发蒸腾量以及水田作物日平均田间渗漏量在全生育期内的变化过程线,分析其变化规律;

——将历年的各阶段蒸发蒸腾量与同阶段的气象资料进行统计分析;

——分析作物全生育期、各生育阶段、分旬和分月作物系数的年际变化规律;

——分析作物系数、土壤水分修正系数与土壤含水率、参考作物蒸发蒸腾量的关系。

## 6 灌溉制度与灌溉效益试验

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 灌溉制度试验应以田间小区对比试验为主,结合进行大区对比试验和辅助性观测。

**6.1.2** 在各种处理的试验小区内,应观测以下各项资料:

——土壤含水率或田间水层深度,地下水埋深及地下水补给量,每次灌水时间及灌水量、排水时间及排水量,作物蒸发蒸腾量,田间渗漏量;

——与农田灌溉有关的土壤物理、化学性状和土壤肥力指标;

——作物生育阶段起止日期、生长形态、生理特性及产量;

——田间的气温、空气湿度、土温、水温。

观测方法应符合本规范第9章的要求。

**6.1.3** 灌溉制度试验应考虑当地的农业生产水平,并将当地已普遍采用的灌溉制度安排在处理之中,作为对照处理,用以衡量试验效果。

**6.1.4** 在试区范围内或邻近试区,应系统地观测气象资料,其项目与本规范5.1.3相同。

**6.1.5** 开展用咸水、肥水、污水等水源进行灌溉制度试验时,应化验灌溉水的水质,并按水质的特性来设计相应的灌溉制度处理。试验中应考察水质对土壤理化性状和作物生理、生态、产量以及产品质量的影响。

**6.1.6** 灌溉制度试验宜与受旱试验相配合,进行作物不同生育阶段的适宜湿润层深度、适宜土壤含水率和适宜土壤水分吸力的试验。对于滴灌、微喷灌或木本作物的灌溉,还宜进行适宜土壤湿润范围的试验。

**6.1.7** 结合灌溉制度试验,应开展有效降雨量的观测、统计和分析工作。

## 6.2 旱作物灌溉制度试验

**6.2.1** 旱作物灌溉制度试验应采用对比法，并按以下方式确定处理：

- 固定灌水次数和每次灌水时期，采用不同的灌水定额；
- 固定每次灌水时期及定额，采用不同的灌水次数；
- 固定灌水次数和每次的灌水定额，采用不同的灌水时期；
- 灌水次数、灌水时期与灌水定额均不固定；
- 按不同土壤含水率下限标准，确定不同的灌溉制度；
- 根据占充分供水条件下作物蒸发蒸腾量比例的不同水平，确定不同的灌溉制度；
- 根据作物的不同水分生理指标，确定不同的灌溉制度；
- 在集雨灌溉或极度缺水条件下，根据作物的关键需水期，确定不同的灌溉制度。

**6.2.2** 灌溉制度应针对所采用的灌溉方法安排不同的试验处理；有条件时应进行灌溉制度与灌溉方法的多因素试验。

**6.2.3** 应每隔 5~10d 在各小区测定土壤含水率一次，其中作物生育前期和后期观测时间可采用 10d，生育盛期和浅根蔬菜类作物宜每 5d 观测一次；灌水前后、降水前后和生育阶段转变时应加测。土壤层次明显的，应按层次测定土壤含水率；层次不明显的，宜从地表起至主要根系活动层止，每隔 10~20cm 观测一层。

**6.2.4** 在作物每一生育阶段的起始期、中期和结束期，应对作物的地上形态指标（包括密度、株高、叶片数与叶面积、茎节数与茎节长度、生物量等）、地下根系发育情况（包括根系长度、根系活性表面积和根干重等）和作物生理指标（如光合、蒸腾、气孔导度、叶水势和冠层温度等）进行观测，其中生理指标宜选择晴朗天气观测其日变化情况。

**6.2.5** 在组合种植条件下，应根据不同作物的需水特性，按本规范 6.2.1 的试验方法设计不同的灌溉处理方式，进行组合作物的灌溉制度试验。

**6.2.6** 组合种植条件下的灌溉制度试验,应观测各种灌溉方法下的水分垂直入渗与侧向入渗分布状况、横断面上的土壤含水率变化状况、每种组合作物的生长发育状况、组合作物的根系交错分布情况等。横断面上布设的土壤水分测点数及地上形态指标观测点数以5个为宜,即在灌水畦(沟)的中心线、组合作物种植的交接线、未灌作物畦(沟)的中心线及两个中心线与交接线之间的中点处各布设一个测试取样点。组合种植条件下的灌溉制度试验宜结合不同作物的适宜组合种植模式试验一起进行。

**6.2.7** 温室或大棚栽培条件下的灌溉制度试验,应结合温室或大棚内的小气候变化、土温控制、通风降温要求及其他栽培管理要求等设计不同灌水时间和灌水定额的对比试验,并观测分析不同灌溉方法和灌溉制度条件下的作物生长发育、产量和病虫害发生状况。

**6.2.8** 在有盐碱成分的土地进行旱作物灌溉制度试验时,应根据允许的土壤盐溶液浓度或土壤含盐量等指标确定灌水时间和灌水定额,并观测、分析土壤溶液浓度或土壤含盐量的时空变化及其对作物生理生态的影响。

### **6.3 水田作物灌溉制度试验**

**6.3.1** 水稻本田期的灌溉制度试验,应根据田间水分控制方式(淹水、湿润、落干、晒田等)、田面水层深度或土壤水分控制上下限及晒田和落干的次数、时间及程度等因素安排处理,进行对比试验,确定适宜的水分控制方式、水层标准、土壤水分适宜控制指标、晒田技术及相应的灌溉制度。

**6.3.2** 应每天定时(8时)观测田间水层,灌水、降水及排水前后应加测,读数精度应达到0.1mm。在晒田落干期间,土壤含水率应5~10d观测一次,灌水前后、降水前后和生育阶段转化时应加测,要求同本规范6.2.3。

**6.3.3** 本田期水层的上下限和晒田程度应按以下标准划分为不同类别:

## 1 水层标准

- 1)湿润:0~20cm 土层内平均土壤含水率为饱和含水率的 90%至田面水层深度为 10mm。
- 2)浅水层:田面水层深度为 10~30mm。
- 3)中水层:田面水层深度为 30~60mm。
- 4)深水层:田面水层深度大于 60mm。

## 2 晒田标准

- 1)轻晒:晒田末时 0~20cm 土层内平均土壤含水率不低于饱和含水率的 80%。
- 2)中晒:晒田末时 0~20cm 土层内平均土壤含水率为饱和含水率的 60%~80%。
- 3)重晒:晒田末时 0~20cm 土层内平均土壤含水率低于饱和含水率的 60%。

**6.3.4** 泡田用水试验应针对省水、增产的泡田技术(泡田用水与耕、耙、耖田的配合方式等)与用水定额进行。试验中应测记泡田时间、用水定额、泡田技术以及泡田期间的降水量、排水量、田面蒸发量和渗漏量。

**6.3.5** 秧田的灌溉制度试验,宜根据当地条件,选择 2~3 种育秧方法以及相应的灌溉制度,作不同的安排处理并进行对比试验。

**6.3.6** 水田生长的其他经济作物或绿肥作物的灌溉制度试验,可根据田面有无水层情况,按水稻灌溉制度试验要求进行。

## 6.4 林、果树灌溉制度试验

**6.4.1** 林、果树灌溉制度试验的基本方法与要求同旱作物灌溉制度试验。

**6.4.2** 林、果树灌溉试验的土壤含水率测定除按本规范 6.2.3 的规定外,还应在平面上沿作物行及其垂直方向每隔 50cm 观测土壤含水率至 1/2 行距和 1/2 株距处,并计算平均土壤含水率。

**6.4.3** 林、果树灌溉制度试验宜结合灌溉方法试验和施肥技术试验(施肥量、施肥次数、施肥方法)进行多因素试验。

## 6.5 作物适宜灌溉控制指标试验

**6.5.1** 应在每个试验小区内观测土壤含水率,其观测方法及要求同 6.2.3。

**6.5.2** 适宜土壤含水率控制上下限试验,可结合不同含水率下限标准的灌溉制度试验一并进行。旱作物各处理的土壤含水率上限应考虑下一时段能实现控制的下限,一般采用田间持水率;水田作物的灌水上限可采用一定水层深度或饱和含水率,安排 2~4 个水平。对于每个阶段,可以只针对土壤含水率下限安排 3~4 个水平(旱作物以占田间持水率百分数计,水田作物以占饱和含水率百分数计),将全生育期各阶段的不同土壤含水率上下限水平,组合成对比的处理。

**6.5.3** 作物水分生理指标试验,应在作物生长发育的每一个阶段设计 3~4 个不同缺水水平的处理。每 5~10d 应选择一个晴朗的天气对各观测小区作物生理指标的日变化进行测定,每小时测定一次,同时还应对作物的地上形态发育和产量进行观测。通过对所有观测结果进行综合分析,选择各生理指标的最佳测定时间及最佳控制标准。

**6.5.4** 对于适宜土壤水分吸力试验,宜在每个试验小区内,定位观测土壤水分吸力。对于每一测位,应至少在计划湿润层上部及下部各安设一支土壤水分张力计,测定其土壤水分吸力,并据此计算计划湿润层的平均土壤水分吸力。观测土壤水分吸力的时间与观测土壤含水率的时间相同。

**6.5.5** 不同灌溉方法下的适宜湿润层深度与湿润区范围的试验,可结合不同的灌水定额试验一并进行,试验设计应充分考虑当地的降水分布、不同时段的水资源供给状况、作物生育阶段、作物生育后期对土壤贮水的利用、连作或套种作物前茬灌水与后茬作物的利用等因素,安排 2~3 个灌水定额处理,进行小区对比试验。

**6.5.6** 试验中应观测各次灌水时间、灌水定额、灌水前后不同层次的土壤含水率(并判明有无深层渗漏量、地下水补给量)、作物

生长发育（包括根系生长）性状、植株生理生态指标及产量。

**6.5.7** 对于木本作物的幼龄期、宽行大田作物或其他作物采用滴灌或微喷灌时，应开展适宜湿润范围试验。试验时，应以该植株主干为中心，安排不同的湿润范围，用小区对比试验法，确定适宜的湿润范围。

**6.5.8** 除干旱地区外，开展适宜土壤含水率及适宜土壤水分吸力试验的小区，应设置可移动的防雨设施，以控制设计处理中所确定的土壤含水率及土壤水分吸力。

**6.5.9** 对作物、田间小气候及土壤性状方面的调查与观测项目同本规范 6.1.2。

## **6.6 有效降雨量测定**

**6.6.1** 每次降雨的有效雨量可按本规范 B.0.6-1 计算。其中，地表径流量宜用地表径流池测定，深层渗漏量宜用称重或其他高灵敏度蒸渗器测定。

**6.6.2** 一个时段内的有效雨量，可根据农田水量平衡原理，可按本规范 B.0.7 计算。

**6.6.3** 应根据已经取得的有效雨量资料算出降雨有效利用系数（有效降雨量与同期降雨总量之比），并探求降雨有效利用系数与各种影响因素的关系和变化规律，提出不同条件下降雨有效利用系数的参考值。

## **6.7 非充分灌溉条件下的灌溉制度试验**

**6.7.1** 非充分灌溉制度试验应采用对比法，主要包括以下几方面的试验：

- 作物缺水敏感期与灌水关键期试验；
- 有限水量在作物不同生育阶段进行合理分配的试验；
- 作物非充分灌溉适宜控制灌水指标试验；
- 满足非充分灌溉要求的适宜灌溉方法与技术试验。

**6.7.2** 根据气候条件、土壤条件、农业技术措施以及供试作物的

水分生理特性，设计灌水次数、每次的灌水定额、不同生育阶段灌水组合以及同一生育阶段不同时间灌水组合的多种处理，观测各处理的作物生长发育、缺水反应、复水效应、最终经济产量和产品质量，以综合分析确定作物缺水的主、次敏感时期及灌水关键时期或时间。

**6.7.3** 有限水量在作物不同生育阶段合理分配的试验，应按本规范7.2中作物水分生产函数的试验结果，探求灌溉水量有限时，获得最优作物产出的单位面积灌溉用水总量、各生育阶段之间水量分配策略以及最佳灌水时间。

**6.7.4** 非充分灌溉控制指标的试验可按本规范6.5.2和6.5.5的方法进行。试验观测项目同本规范6.2.3、6.2.4和6.5.6。

**6.7.5** 应针对非充分灌溉的特点，开展大田宽行作物分根区交替灌、密植作物隔畦交替灌的适宜交替方式与控制指标，稀疏作物局部灌溉方式与湿润范围，水稻节水灌溉与旱种技术等方面的试验，探求小定额灌溉条件下满足灌水均匀、灌溉水利用率高、经济、不破坏土壤结构等方面要求的灌溉方法与技术。

## **6.8 作物灌溉效益试验**

**6.8.1** 灌溉试验站（点）可采用直接对比试验法，即选取合理灌溉与不灌溉作为相互对比的处理，两处理的土壤、农业技术措施等应相同，取得的成果是在当年气象与农业技术条件下因灌溉而增加的产量。对于省级中心试验站或重点试验站，应开展不同农业水平的灌溉增产率试验，以探明灌溉与农业技术各自的增产作用。

**6.8.2** 为确定不同农业技术水平下的灌溉增产率以及灌溉效益与农业效益分摊系数，宜安排以下四种处理并按本规范B.0.8计算：

- 一般水平农业技术措施，不灌溉；
- 一般水平农业技术措施，合理灌溉；
- 高水平农业技术措施，不灌溉；

——高水平农业技术措施,合理灌溉。

**6.8.3** 为取得不同水文年度的以及多年平均的灌溉效益成果,省级中心试验站和重点试验站宜开展灌溉效益试验。试验中应选择4~6个典型年,模拟其降水或农田水分条件。可采用坑测法或筒测法进行试验。测坑、测筒应符合本规范5.2的要求。

**6.8.4** 在降水量(或农田获得水量)模拟试验中,利用喷灌(或其他加水方法)模拟各典型年天然降水(或农田获得水量)的情况,并应针对每一模拟的典型年条件,按本规范6.8.2中要求安排处理。

**6.8.5** 无条件开展降水量(或农田获得水量)模拟试验的试验站,可进行农田水分模拟试验。应按本规范7.1.3要求安排试验处理,取得各处理的作物产量;在分析、计算中,可选择3~5个典型年,根据其降水及作物蒸发蒸腾量资料,确定各典型年不灌溉条件下的农田水分情况,与试验处理的农田水分情况相比,判明各处理所相应的典型年,取得其灌溉效益成果。

## 7 作物水肥生产函数与劣质水安全利用试验

### 7.1 作物受旱试验

7.1.1 干旱、半干旱地区或灌溉水源不足地区应开展作物在不同时期缺水以及不同缺水程度对作物生长发育影响试验。

7.1.2 采用对比试验法应在蒸渗器(有底或无底)或小区中试验;对旱作物地下水埋深小于 2.5m(砂土、砂壤土)或 3.5m(壤土、黏壤土、黏土)时,应在有底蒸渗器中试验。处理数较多(10 个处理以上)时,宜用大型测筒(蒸渗器)试验,但其观测成果应有 3 个以上测坑(或小区)观测成果的检验、校核和修正。除全生育期内降水不产生地表径流的地区外,测坑和测筒应设置活动的防雨设施。

7.1.3 宜参照作物生育阶段,将全生育期划分为基本相等的 4~6 个阶段(作物越冬可单独作为一个阶段,其时间不受此限)。试验时,应针对作物对水分比较敏感的时段和当地易于受旱的阶段,用不同的灌水次数和灌水定额控制成不同的土壤含水率下限(对于旱作物,上限为田间持水率,对于水田作物,上限为适宜田间水层上限或饱和含水率),据此形成 3~4 种缺水水平,将不同阶段的各种缺水水平组合成试验处理;同时,应安排任何阶段均不缺水的处理作为对照。各处理安排 3 次以上重复。

7.1.4 针对各处理各重复的试验小区,应观测以下项目:

- 各阶段的灌水次数、日期、定额、土壤含水率;
- 各阶段作物生长发育状况、生育进程及主要的水分生理生态指标、产量和产品质量;
- 土壤、气象、农田小气候及有关内容。

7.1.5 应根据本规范 7.1.4 所列各项的观测成果,分析不同的缺水时期和缺水程度对作物生长发育及产量的影响,确定其定量关系。

## 7.2 作物水分生产函数试验

7.2.1 干旱、半干旱和灌溉水源不足地区的省级中心站、重点站应开展作物水分生产函数试验。

7.2.2 采用坑测法或筒测法进行对比试验。测坑、测筒应符合本规范 5.2 中的规定。

7.2.3 宜参照作物的生育阶段,按照以下情况将全生育期划分为不同阶段:

——除越冬期或水田生长作物的苗期外,各阶段的长短(天数)不能相差悬殊;

——宜结合作物的生育阶段划分,以便与作物生物学特性调查密切结合;

——阶段数目适宜,一般将全生育期分为 4~6 个阶段。

7.2.4 应针对不同阶段的不同缺水程度安排处理,并应安排任何阶段均不缺水的处理作为对照。可以依据不同阶段、不同土壤含水率下限(对于旱作物,为占田间持水率百分数;对于水田作物,为占饱和含水率百分数)或者依据不同的灌水次数与灌水定额设计形成 3~4 种缺水水平,将不同阶段的各种缺水水平组合成试验处理。同时,应安排不同缺水水平下阶段间连续缺水或间隔受旱的处理。各处理安排 3 次以上重复,且各处理的重复次数应相等。

7.2.5 针对各处理各重复的试验小区,应观测以下项目:

——各阶段的灌水次数、日期、定额、灌水前后土壤含水率或水层深度;

——定期(3~5d 一次,对旱作物间隔可适当长些)观测土壤含水率(或水层深度)及蒸发蒸腾量;

——作物生育期的日期、考种、测产;

——主要的气象要素(降水、水面蒸发、气温、空气湿度、日照、风速风向)和农田小气候;

——各阶段作物生长发育性状、物候及主要的作物水分生理指标;

——土壤理化性状、农业技术措施等有关内容。

**7.2.6** 根据本规范 7.2.5 所列各项的观测成果,分析确定作物水分生产函数全生育期模型、分阶段模型以及模型参数变化的规律。同时探讨水分与作物产量形成各种定量关系的原因或机理。

### **7.3 作物水肥生产函数试验**

**7.3.1** 省级中心试验站应开展作物水肥生产函数试验。一般仅针对氮肥开展本试验,其他肥料的试验可参照实施。

**7.3.2** 宜采用坑测法或筒测法进行对比试验。测坑、测筒应符合本规范 5.2 中的规定。

**7.3.3** 应按本规范 7.2.3 的要求划分生长阶段。试验中对水分因素按本规范 7.2.4 的要求设计成不同的缺水水平;施肥量因素应结合当地施肥情况,安排 2~3 个水平,同时,宜安排不施肥的对照处理;施肥方式因素应按基肥及不同阶段追肥的比例,安排 2~3 个水平;将不同阶段的各种缺水水平、施肥量以及施肥方式组合成试验处理,在处理数较多的情况下,宜采用正交法安排试验处理。各处理安排 3 次以上重复,且各处理的重复次数应相等。

**7.3.4** 针对各处理各重复的试验小区,应观测以下项目:

——各阶段的灌水次数、日期、定额、灌水前后土壤含水率或水层深度;

——各阶段的施肥次数、日期、施肥量;

——定期(3~5d 一次,对旱作物间隔可适当长些)观测土壤含水率(或水层深度)及蒸发蒸腾量;

——播种前以及收割后对土壤取样,测定其全氮、磷、钾养分含量;

——不同阶段对各处理植株取样,测定其氮、磷、钾养分含量;

——作物生育期的日期、考种、测产;

——主要气象要素(降水、水面蒸发、气温、空气湿度、日照、风速风向)和农田小气候;

——各阶段作物生长发育性状、物候及主要的水分生理指标;

——土壤理化性状、农业技术措施等有关内容。

**7.3.5** 根据本规范 7.3.4 所列各项的观测成果,分析不同供水量以及不同施肥量和施肥方式对作物生长发育及产量的影响,确定作物水肥生产函数模型。同时,根据作物蒸发蒸腾量、土壤及植株肥料养分含量,分析不同处理的水分生产率及肥料利用率。

#### **7.4 作物水分生产函数试验成果的分析**

**7.4.1** 作物水分生产函数试验工作结束后,应根据蒸发蒸腾量、灌水量及产量成果分析适宜的作物水分生产函数模型及其参数等变化规律。作物水分生产函数的常用模型见本规范 B.0.9-1。

**7.4.2** 分析水分对产量的影响时,宜用相对蒸发蒸腾量与相对产量(或蒸发蒸腾量亏缺率与减产率)建立关系,见本规范附录 B 公式(B.0.9-4)~公式(B.0.9-6)。

**7.4.3** 省级中心试验站或重点试验站应根据作物蒸发蒸腾量及产量试验成果,探求适用于当地的新的作物水分生产函数模型。

**7.4.4** 结合具体模型,用数学方法得出模型中的参数后,应用数学方法检验拟合方程及其各拟合参数的显著性,只有达到显著水平(一般取  $\alpha = 0.05$  或  $0.01$ )的模型才可以应用。

**7.4.5** 同一站点如具有 3 年以上的作物水分生产函数模型试验成果,应分析作物水分生产函数随时间(水文年度)的变化规律,以拓宽试验成果的使用年限。宜采用参考作物蒸发蒸腾量或其频率代表水文年度对作物水分生产函数模型中参数的影响进行分析。

**7.4.6** 在具有多站试验成果后,应分析作物水分生产函数随空间(地理位置)的变化规律,以拓宽试验成果的使用地域。

**7.4.7** 结合水分生产函数试验(或受旱试验)观测成果,宜分析以下内容:

——水分亏缺对作物生长发育状况的影响,如株高与叶面积指数及根系生长和分布等;

——水分亏缺对作物水分生理生态指标的影响,如叶水势、气

孔导度、光合速率、叶组织细胞液浓度等；

——水分亏缺对作物蒸发蒸腾量的影响；

——水分亏缺对作物干物质积累和产量构成的影响。

**7.4.8** 作物水肥生产函数试验成果分析可按本节执行，并分析施肥因素的影响。

## 7.5 劣质水安全利用试验

**7.5.1** 开展微咸水和污水等劣质水安全利用试验，应按照本规范9.3中的规定监测水质。

**7.5.2** 开展微咸水灌溉试验的前期准备工作应包括如下内容：

——对试验场地的土壤和地下水状况进行系统调查，并对微咸水水源进行分析化验，进行盐分分类与分级；

——对灌溉试验区进行必要的水文地质调查，确定排水方式；

——选择有代表性的地块，划分若干8m×12.5m的小区，四周边用埋深1.5m的塑料布隔离侧渗，埋设土壤溶液提取仪和盐分传感器，监测土壤水盐运动。

**7.5.3** 微咸水灌溉试验应符合下列规定：

**1** 微咸水的水质指标与作物耐盐能力应从水质和所灌溉作物的耐盐能力判定。对水质的判别除依据《农田灌溉水质标准》(GB 5084)外，还可按水中含盐量的多少、盐分的种类和组成等情况，提出多种评价标准，主要有钠吸附比、盐度、碱度与矿化度、综合危害系数等指标。

微咸水灌溉应注意水质，严格掌握作物各生育阶段的耐盐能力。衡量作物耐盐能力，可采用土壤含盐量、含氯量和土壤溶液浓度三项指标。对于苏打盐土或碱土应增加 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 或 $\text{Na}^+$ 含量及其他毒害性物质。水稻土还应考虑氧化还原电位。

**2** 利用微咸水灌溉，应监测灌溉水带进土壤中的盐分和土壤盐分含量变化。

**7.5.4** 开展污水灌溉试验应遵守以下原则：

——污水灌溉试验场地应基本平整，试区周围应筑田埂，防

止污水外溢；各灌溉小区之间应有一定的保护隔离带。

——防止污染土壤、地表水、地下水和农作物，防止传播肠道传染病和寄生虫病。

——会同农业、环保、卫生等部门共同确定污水取用及弃水处理方法。

**7.5.5** 污水灌溉试验中，污水水样、污水灌溉土壤样本和植物样本的采集应有代表性，且不改变水样原有的化学成分和物理性质。对样本的分析化验应及时，若不能及时化验，应采取相应的保存措施，如将其放置在冰箱冷藏室内或不受光线直射的阴凉处，同时加几滴甲醛防腐剂等。

采用回顾评价法、现状评价法或影响评价法等方法对污水水质进行评价，监测、评价灌区的环境质量变化规律与发展趋势。评价的内容包括单要素评价、单项评价和综合评价。应监测与评价污水灌溉对地下水水质、地面水质、农作物产量与品质、土壤等的影响。

**7.5.6** 针对各处理各重复的试验小区，应观测以下项目：

——各时段的劣质水水质分析评价，灌水次数、日期、定额、土壤含水率、监测土壤、地下水中污染物和盐分迁移转化与积累；

——观测作物不同生育阶段生长发育性状，监测植株体污染物（重金属、盐分）吸收与积累，重要的水分生理指标，产量与产品品质；

——土壤、气象、农田生态环境、农田环境卫生和小气候及有关因素；

——劣质水安全利用试验应有一定的试验观测年限，具有多年持续监测土壤、地下水和作物资料，方能提出不影响农产品品质和污染农业生态环境的劣质水安全利用试验研究成果。

## 8 灌溉方法及灌水技术试验

### 8.1 灌溉方法试验

**8.1.1** 灌溉方法试验应根据当地自然、经济、社会条件、管理水平 and 作物种类安排处理，采用小区或大区对比试验法。

**8.1.2** 灌溉方法对比试验的主要指标是：灌水定额，灌水均匀度，灌溉水利用率；作物生长发育形态指标（包括株高、叶面积、茎节长度和茎粗等），作物产量与品质；灌溉定额，作物蒸发蒸腾量，水分生产率；能量、材料及劳力的消耗，劳动生产率；灌溉效益，环境影响因素等。试验时，应及时观测和统计各项资料，作为对比分析的依据。

**8.1.3** 各试区应测定土壤含水率。测定的时间按本规范 6.2.3 执行；测定的位置和测点数：对于喷灌试区，若为固定式喷灌和微喷灌，可选 1~2 个喷头，以喷头为中心，选定两条相互垂直的测线，在每条测线上选 3~5 个有代表性的测点；若为移动式喷灌，可在一个试区内选 5~7 个有代表性的测点。对于滴灌试区，可选 2~3 个滴头，以滴头为中心，根据滴头流量的大小及土壤入渗特性，沿滴灌管线及垂直滴灌管线方向选 3~5 个有代表性的测点，选点及测定深度应包含整个湿润体。对于交替隔沟(畦)灌溉试区，应沿沟长方向在灌水湿润沟、垄上及未灌干沟布设三条测线，在每条测线的上、中、下游各选 1~3 个代表点。对于其他灌溉方法，可在每个试区内沿水流方向布设两条测线，在每条测线的上、中、下游各选 3~5 个测点。在每个测点处，从地表起每隔 10~20cm，分层测定土壤含水率，至计划湿润层深度止。

**8.1.4** 灌溉试验总站和有条件的省级中心试验站可试验研究新的灌溉方法、灌水工具、灌水机械以及灌水量的测控仪器等。

**8.1.5** 灌溉方法试验宜结合灌溉制度试验进行，试验方法与要求应同时符合本规范第 6 章规定。

## 8.2 畦灌灌水技术试验

**8.2.1** 畦灌灌水技术试验应针对一定的土质、灌水定额,对灌水技术要素(畦田纵坡、畦长、入畦单宽流量、入畦水头、放水时间、改水成数等)及这些要素之间的最佳组合进行对比试验。

评价畦灌技术的主要指标有:灌水后全畦土壤的湿润均匀度、灌溉水的利用率、灌水的工作效率、水流对田面的冲刷程度、作物的生长发育状况和产量。在试验时应对这些指标及时进行观测、记录和分析。

**8.2.2** 畦灌灌水技术试验宜选择在具有代表性的地块上进行,或直接在大田中选择试验地块。试验地块应具有良好的灌排条件及相应的量水和控制设备,并按要求进行土地平整,做好畦埂。

**8.2.3** 试验中应准时测记放水流量和时间、沿畦长方向不同时间的水流推进长度及田面水层深度;灌水停止后,应准确观测并记录田面水层的消退过程,观察水流对畦田土壤的冲刷状况和对作物的损伤状况。

**8.2.4** 应在灌水前和灌水一天后测定畦田土壤含水率的分布状况。畦田土壤含水率测点应沿畦长与畦宽方向均匀分布,能够可靠地反映畦田中土壤含水率分布情况。对于每个测点,应从地面起至计划湿润层深度(或1m)止,每隔10~20cm分层测定土壤含水率。

**8.2.5** 在试验过程中,应按本规范8.2.4规定的测线、测点要求,测记水流推进过程及消退过程到达各测线断面测点位置的时间;同时,应每隔5min或30min,测记不同放水时间后备测点的田面水层深度。

**8.2.6** 应根据观测资料,统计分析不同单宽流量下水流推进距离与放水时间的关系,绘制水流推进过程和消退过程曲线;绘制各处理的畦田纵横断面土壤湿润等值线图;分析各个处理的灌水均匀度和其他因素。综合分析、对比每个处理的各种主要技术指标,确定各种具体条件下畦灌灌水技术要素的最佳组合。

**8.2.7** 在灌区范围内,若有多种土壤和地面坡度,可选择相应的典型地块,进行不同土壤、纵坡条件下的畦灌灌水技术要素试验。最后将各种条件下的灌水技术要素合理组合方式整理、绘制成各种图表,以供生产上应用。

### **8.3 沟灌灌水技术试验**

**8.3.1** 沟灌灌水技术试验宜采用对比试验法,可分项进行或几个项目结合在一起试验,每个处理应重复 2~3 次。内容包括:

- 灌水沟类型、断面型式与灌溉方法试验;
- 沟灌灌水技术要素试验;
- 沟距试验。

**8.3.2** 在灌水沟类型、断面型式与灌溉方法试验中,根据当地具体条件(地形、土壤、作物种类等),可安排多种对比试验处理,如宽浅沟与窄深沟,沟沟灌水与隔沟灌水,细流沟灌与常流量沟灌等。

**8.3.3** 在沟灌灌水技术试验中,应通过对比试验探求一定土质、沟道纵坡和灌水定额下的沟长、入沟流量(相应的放水时间或改水成数)的最佳组合;或探求灌水定额、沟的纵坡、沟长、入沟流量、放水时间或改水成数之间的相互关系,确定各种条件下的最佳沟灌技术要素的组合。

**8.3.4** 评价沟灌灌水技术要素的主要指标以及资料的整理分析方法与畦灌技术试验的规定相同。

**8.3.5** 在沟距试验中,除应针对不同试验处理测定本规范 8.1.2、8.2.5 和 8.2.6 中所述指标外,还应测定沟底及两沟之间的土壤湿润范围,试验结束后,绘制沟灌土壤湿润图,确定灌水技术要素与沟距之间的合理组合。

### **8.4 格田灌水技术试验**

**8.4.1** 水田生长作物采用格田淹灌时,其灌水技术试验应包括秧田和本田的灌水技术试验,格田之间的排灌方式(串灌串排与分

丘灌排)、田间沟渠布置和格田进水、排水建筑物等试验。

**8.4.2** 秧田和本田的格田灌水技术试验应与灌溉制度试验结合进行,可按本规范 6.3 中的规定操作。其试验方法,宜根据当地生产实践要求,采取小区对比试验法或小区对比与大田调查相结合的方法。

**8.4.3** 评价格田灌水技术的指标是作物生长发育和产量、灌溉定额、灌溉及其他农事用工量、灌排沟渠及田埂占地面积等。通过对这些指标和成果进行综合分析来确定合理的灌水技术。

**8.4.4** 针对水田作物节水灌溉要求,开展长期无水层(保持一定的土壤湿度)或长期无水层与短期淹水相结合、水田作物覆膜旱种、鱼稻(或其他水田生长作物)共生的栽培与灌溉试验。

### **8.5 喷灌灌水技术试验**

**8.5.1** 喷灌灌水技术应针对一定的土壤、作物、地形和喷灌设备等条件,对喷灌强度及喷头的合理布置进行田间对比试验。

**8.5.2** 试验中所选取的灌水技术参数应按《喷灌工程技术规范》(GBJ 85)中的要求与方法进行统计计算,并应符合该规范所规定的标准。

**8.5.3** 试验中还应观测不同喷头和喷头组合间距喷洒水滴的空中漂移损失,作物茎叶截留,土壤含水率,地表径流,土壤冲刷、板结和作物损伤状况,风向,风速,喷灌工作压力,漏喷面积,作物生长发育状况和产量等。

### **8.6 微灌灌水技术试验**

**8.6.1** 微灌包括滴灌(地上滴灌、地下滴灌与膜下滴灌)、微喷灌和涌泉灌。微灌灌水技术试验应根据可供灌溉水源、气象、地形、土壤、作物种植、社会经济和生产管理水平等条件,对微灌灌溉方法及毛管和灌水器的合理布置进行田间对比试验。

**8.6.2** 微灌灌水技术试验一般应包括以下几项内容:

——毛管布置方式、形式和规格试验;

- 毛管上的灌水器间距试验；
- 灌水器工作水头与出流量试验；
- 防止灌水器堵塞措施的试验。

**8.6.3** 试验中所选取的灌水技术参数应按《微灌工程技术规范》(SL 103)中的要求与方法进行统计计算,并应符合该规范所规定的标准。

**8.6.4** 滴灌毛管布置方式(固定式、移动式)、布置形式(单行、双行、绕树环状)、布置规格(毛管与作物或果树的距离)、滴头的间距、工作压力等因素均相互关联,宜根据当地的实际条件,开展单因素或多因素对比试验。

**8.6.5** 微喷灌灌水若是为了提高空气的相对湿度,宜开展喷头工作压力、出流量、雾化度、喷洒时间和空气相对湿度之间相互关系的试验;若是为了给土壤补水,还应观测作物茎叶截留量以及水沿茎秆流向根部的水量;若是为了同时满足上述两个要求,可通过对上述各观测结果的综合分析,确定最佳灌水时间。

**8.6.6** 涌泉灌应针对毛管布置方式(地下、地上),灌水器的出流量,绕树环沟产生积水的时间、积水深度与入渗过程,大田作物涌泉灌灌水器涌流沿沟、畦的推进和水分入渗过程及灌水均匀度等,进行单因素或多因素对比试验。

**8.6.7** 试验中应测定灌溉水质,并针对每个试验小区,测定土壤湿润深度、范围,湿润均匀程度,田间灌水量,田间水的利用率,土壤盐分分布(盐碱化土壤),作物生长发育状况及产量。

**8.6.8** 合理的毛管布置、灌水器间距、工作压力及流量均与微灌的灌溉制度有关,应将微灌灌水技术试验与微灌灌溉制度试验结合进行。

## **8.7 其他灌溉方法与灌水技术试验**

**8.7.1** 控制性交替隔沟灌溉、膜上灌、管(带)低压输水灌溉、渗灌和波涌灌等灌溉方法与灌水技术试验包括以下内容:

- 灌溉方法试验;

- 灌水技术试验；
- 田块规格试验；
- 灌水控制设备与配套技术试验。

上述试验均应采用对比试验法，每个处理重复 2~3 次。

**8.7.2 控制性交替隔沟灌溉试验**，除应测定沟灌灌水技术试验要求的各项指标外，还应对灌后土壤水分再分布过程，垄上作物适宜种植行数、株距，配套施肥方式，盐分运移情况及对作物生长发育影响进行测记，因地制宜地分析提出各种作物不同种植模式下的最佳灌水技术要素组合。

**8.7.3 膜上灌**应针对特定的土壤种类和地形坡降，对膜畦规格、入膜流量、膜上流速、畦首尾进水时差、灌水强度、灌水定额、灌水持续时间等技术要素开展多因子对比试验，灌水停止后应详细观测膜孔入渗过程、土壤水分再分布过程以及灌水均匀度等指标。

**8.7.4 管（带）低压输水灌溉**应针对不同的土质，根据出水口的压力、流量、土壤含水率、土壤被冲刷情况、劳动生产率、田间水的利用率等，对管道间距、埋深、出水口形式等进行田间对比试验。

**8.7.5 渗灌**应针对不同的土质，根据土壤湿润深度和范围、湿润均匀程度、田间灌水量、灌水持续时间、田间水的利用率、土壤盐分分布（盐碱化土壤）、作物生长发育状况及产量等，对管道间距、埋深、长度、出水孔密度、抗堵塞措施等进行田间对比试验。地下滴灌试验可参照此方法进行。

**8.7.6 波涌灌**灌水技术试验可按本规范 8.1~8.3 的要求进行，同时还应针对波涌灌的特点，对放水周期、间隔时间，每次放水与停水时间，每次放水的水流推进与消退过程，间歇入渗规律等进行测记与分析，对波涌灌控制阀的双向开关结构与切换方式开展专门试验研究，以便综合确定波涌灌的最佳灌水技术要素组合。

**8.7.7 评价**本节中灌水技术要素的主要指标以及资料的整理分析方法与畦灌和沟灌技术试验的规定相同。

## 9 土壤、作物、气象及水分条件观测

### 9.1 土壤理化性质测定

9.1.1 各级灌溉试验站均应对试验场地土壤的结构、质地及理化性质定期进行测定,测定的项目及方法应符合下列规定:

1 土壤容重和土粒比重按剖面发生层次分层取土测定。采集土样深度,旱作农田不宜小于 1m,水田不宜小于 30cm。

土壤容重可采用环刀法测定,也可采用土壤紧实度测定仪测定,若代表地点的对比分析表明两种方法结果较一致,其他地点可直接采用土壤紧实度测定仪测定。土粒比重采用比重瓶法测定。

2 土壤孔隙率及空气容量可按本规范 B.0.10 计算。

3 土壤机械组成(质地)用比重计法或比重计速测法测定,采集土样的深度与测定土壤容重相同。

4 土壤有机质和土壤养分:只测定耕层土壤。土壤有机质用  $K_2Cr_2O_7$  容量法测定。土壤养分的测定项目和方法如下:

1)全氮:凯氏法。

2)水解性氮;碱解扩散法。

3)铵态氮:先用 2mol KCl 溶液浸提法制备样品,再从蒸馏法、比色法和氨电极法中选用一种测定。

4)硝态氮:酚二磺酸比色法。

5)全磷:酸溶—钼锑抗比色法或碱溶—钼锑抗比色法。

6)有效磷:石灰性土壤采用 0.5mol  $NaHCO_3$  浸提—钼锑抗比色法,酸性土壤采用 0.03mol  $NH_3F$ —0.025mol HCl 浸提—钼锑抗比色法。

7)全钾:NaOH 熔融—火焰光度计法。

8)速效钾:1mol  $NH_4OAc$  浸提—火焰光度计法,无火焰光度计设备时可用 1mol  $NaNO_3$  浸提—四苯硼钠比色法。

9)土壤 pH 值：只测定耕层土壤。室内测定用电位法，室外测定用永久色阶比色法。

土壤养分的测定也可采用土壤养分测定仪测定，并与上述方法测定结果对照，若两种结果非常接近，可直接采用土壤养分测定仪测定。

不具备自己测定条件的重点试验站，土壤有机质和土壤养分的测定可委托具有通过国家或地方认可的实验室进行测定。

9.1.2 对水田作物生长田间和排水不良的旱地，应根据试验需要测定土壤的氧化还原电位(Eh 值)，用铂电极法测定。

9.1.3 对排水不良的旱地和有渍害的水田作物生长田间，应根据试验需要测定土壤还原性物质，测定项目及宜采用的方法如下：

- 还原性物质总量： $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  浸提— $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  滴定法；
- 活性还原物质： $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  浸提— $\text{KMnO}_4$  滴定法；
- 水溶性亚铁：邻菲罗啉比色法；
- 二价锰： $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  浸提— $\text{MnO}_4^-$  比色法；
- 交换性亚铁： $\text{BaCl}_2$ — $\text{Ba}(\text{OAc})_2$  浸提—邻菲罗啉比色法。

9.1.4 对含有过多水溶性盐分的盐渍地，应根据试验需要，取土样测定土壤中水溶性盐分含量，测定的项目及宜采用的方法如下：

- 全盐量：重量法或电导法；
- 碳酸根和重碳酸根离子：双指示剂中和法；
- 氯离子：硝酸银滴定法；
- 硫酸根离子：EDTA 间接滴定法；
- 钙和镁离子：EDTA 络合滴定法；
- 钠和钾离子：用差减法算出，或用火焰光度法测定。

上述各项目也可采用土壤盐分监测仪测定，并与上述方法测定结果对照，若两种结果非常接近，可直接采用土壤盐分监测仪测定。

## 9.2 土壤水分特性和含水率测定

9.2.1 所有灌溉试验站在开展试验研究工作之前，均应对试验场内土壤的基本水分参数进行测定。测定的项目及适宜的测定方法

如下：

——土壤最大吸湿水量(吸湿系数):10% $H_2SO_4$  溶液测定法；

——凋萎系数：可用植物生长法测定，也可用压力薄膜法或高速离心法，取压力为-1.5MPa 时的土壤含水率；

——土壤毛管断裂含水率：在灵敏度高的蒸渗器中测定，方法是测定蒸渗器中不同时刻的土壤蒸发率，绘制土壤蒸发过程线图，蒸发速率突然减小的转折点处的土壤含水率，即为毛管断裂含水率；

——土壤毛管水上升高度：只针对地下水埋深小于 3~3.5m 的地方进行观测，从风干土壤剖面墙壁法、整段标本法、毛管仪法、土壤水分分布曲线图法中选用一种方法测定；有条件时宜同时采用其中两种方法，并对两种方法所测结果进行分析比较，较为一致时再最后确定适宜的数值；

——田间持水率：在田间用围框淹灌法，室内用威尔科克斯法；

——饱和含水率：通过土壤孔隙率测定结果计算；

——土壤水分特征曲线：压力薄膜法或高速离心法，在低吸力条件下也可用吸力平板仪法或沙性漏斗法；

——土壤入渗速率曲线：用双环入渗法测定，也可直接用瞬时剖面法在田间原位测定；

——土壤非饱和导水率曲线：可通过测定土壤水分特征曲线和土壤水分扩散率来计算，土壤水分扩散率可通过室内水平土柱法测定，也可直接用张力入渗仪在田间原位测定。

**9.2.2** 对于易受渍害的农田，应测定土壤水中溶解氧的含量，方法宜采用碘量法或溶氧仪法。采集水样时，水样不得与大气接触，所采的水样，应在当天分析完毕。

**9.2.3** 土壤含水率应根据试验目的、场地条件、小区安排方式、土壤含水率的测定频率、精度要求、样点数量等因素综合考虑，在保证测定精度、尽量减少对土壤结构破坏和对作物正常生长干扰的原则下选择测定方法。

**9.2.4** 使用各类仪器测定土壤含水率之前,都应对仪器的适用性进行必要的校核。校核时要以取土烘干法为基准,其他方法在平行条件下同步测定。两种方法测定结果较为一致或具有很好的相关关系时,这些仪器才能独立使用。仪器的校核工作应在每个生长季节开始前进行一次,以后每隔3个月左右重新校核一次。

**9.2.5** 对于区域墒情监测、中间示范性试验及其他一些田间试验,当田间小区面积相对较大时,可以采用不定点的取土烘干法测定土壤含水率。而对于田间小区面积相对较小的田间试验和测坑,则不允许采用取土烘干法,而应采取中子水分仪或管式时域反射仪等定点方法测定土壤含水率。在面积较小的测筒中,则应采取定点方法与称重法相结合测定土壤含水率。

**9.2.6** 采用取土烘干法测定土壤含水量时,每个测点应取2~3个样本重复测定,样本间距控制在10cm之内。测定结果记一位小数,各重复样本的土壤含水率值差异不大于1% (重量比)时,取其算术平均值作为该测点的土壤含水率。土样采集完成后,土壤中留下的孔洞应用细土回填密实,并做标记,以便下一次采土样时参考定位。在同一试验小区内前后两次采集土样点的直线距离应控制在50~100cm之内。

**9.2.7** 采用中子水分仪或管式时域反射仪定点监测土壤含水率时,每次埋设导管之前,都应以取土烘干法为基准对仪器进行率定。中子水分仪的率定应分层进行,并特别注意土壤层次结构的变化。实际测定时,地面20cm以下的土层可以直接使用仪器测定,0~20cm表层土壤含水量则应用取土烘干法或针式时域反射仪探头测定。

**9.2.8** 灌溉试验总站和省级中心试验站宜装备土壤含水率自动测定系统,将试验小区的土壤含水率(或土壤水分吸力)数据定时、自动记录下来,并直接传送到计算机上。

### **9.3 灌溉水质测定**

**9.3.1** 各级灌溉试验站均应了解灌溉试验使用水源的主要理化

性质。水源包括地面水、地下水和污水，但不包括医药、生物制品、化学试剂、农药、石油炼制、焦化和有机化工处理后的废水。

**9.3.2** 在使用污水灌溉期间，采样点应选在灌溉进水口处。化学需氧量(COD)、氰化物、三氯乙醛及丙烯醛的标准数值取一次测定的最高值，其他各项标准数值均指灌溉期间多次测定的平均值。

**9.3.3** 监测灌溉水质时应测定的项目及宜采用的测定方法应符合 GB 5084 的规定。

**9.3.4** 灌溉试验站没有条件自行测定 GB 5084 中所列出的项目时，可将采集的水样在规定的时间内送至具有相应资格的专业水质监测部门测定。

## **9.4 作物生长发育进程调查**

**9.4.1** 灌溉试验中作物生育阶段的划分，除特殊情况外，应以有 10% 的植株出现某一阶段的特有形态特征之日为该阶段的开始日期，下一阶段开始日期的前一天为本阶段的结束日期。4 种作物生育阶段的划分参见本规范附录 C。

**9.4.2** 每一处理应至少其中的一个小区内选两个有代表性的固定观察点来观察作物的生育阶段进程。窄行种植作物，每个观测点上选择一行中的连续 5~10 丛作物，并在两端插好标记进行观察；宽行种植作物选一行中的连续 5~10 株作物进行观察。平时每 5d 观察一次，临近生育阶段转变期时每 1~3d 观察一次。

**9.4.3** 干物质积累量一般只测地上部分的干物重。测定时应根据不同种类作物的特性，选取一定量的有代表性的植株采用烘干重法测定。

**9.4.4** 农田覆盖度可用叶面积指数、冠层透光率等指标反映。叶面积指数可用取样量测法测定，也可用冠层分析仪等仪器测定。冠层透光率可用线性量子探头、冠层分析仪或激光成像仪等仪器设备测定。

**9.4.5** 作物根系的分布状况可用挖掘法、玻璃壁法、容器法、剖面法、根钻取样法测定，也可用根系观测系统等设备直接观测。

**9.4.6** 作物生育进程观测和考种项目的记载标准因作物而异,本规范附录 C 中列出了其中的 4 种作物,可供参考。

## **9.5 作物生理生态指标测定**

**9.5.1** 开展灌溉试验时,应根据需要测定作物水分生理状况,宜测定的项目及测定方法如下:

——叶水势:植物叶水势测定仪或热电偶式叶水势仪,也可用小液流法;

——细胞液浓度:用手持糖量计或阿贝折射仪测定;

——气孔导度、叶面温度:用稳态气孔计或动态气孔计测定;

——蒸腾速率:用茎流计测定,也可用快速称重法测定;

——光合速率:用便模式光合作用系统测定,也可用改良半叶法测定;

——冠层温度:用多用红外测温仪测定。

**9.5.2** 用生理指标测定结果指导灌溉时,可根据选用的生理指标确定适宜的测定时间。如叶水势和细胞液浓度宜用早上 8 时到 9 时作物叶片上无露水时测定的值,蒸腾速率、光合速率、气孔导度和冠气温差等指标用中午 12 时到 14 时的测定值为宜。

**9.5.3** 试验过程中应及时记载各试验田的耕作栽培管理情况,内容包括:试验田的前作,原土壤肥力情况,耕地日期、方法和深度,表土耕作情况,施底肥及追肥的时间、种类、数量和施用方法,灌水量、灌水日期以及所采用的灌水技术,播种量及播种方法,定苗后的株(穴)行距,每穴苗数,中耕除草时间和方法,病虫害和其他灾害的出现时期、防治次数、方法和效果,以及其他采取的特殊措施和效果。

## **9.6 气象及田间小气候观测**

**9.6.1** 各级灌溉试验站一般应设立气象观测场。气象观测场的基本条件及场内仪表的安装布置,均应符合中国气象局编制的《地面气象观测规范》。

**9.6.2** 只有全部符合以下条件的灌溉试验站才可以不设气象观测场,而直接借用邻近气象站的观测资料。

- 试验站与县级以上气象站相邻,直线距离在 5km 以内;
- 邻近气象站与试验站的气象及自然地理条件基本一致;
- 邻近气象站与试验站之间无山丘和开阔的水面相隔离;
- 在邻近气象站中增设了 E601 型蒸发皿,并同时观测 20cm 口径的小型蒸发皿及 E601 型蒸发皿的水面蒸发量。

**9.6.3** 中心试验站和重点试验站所设的气象观测场的观测项目应与县级气象站相同;其他一般试验站气象场应观测的项目为:干、湿球温度,最高、最低温度,风向、风速,水面蒸发量,降水量,日照时数。灌溉试验站的气象场,除设置 20cm 口径小型蒸发皿外,还应设置 E601 型蒸发皿,同时观测这两种蒸发皿的水面蒸发量。

**9.6.4** 灌溉试验站内气象场的常规观测时间(北京标准时间)为 8 时、14 时、20 时,日界为 8 时。观测操作、记载表格、仪器率定及维修检验均按中国气象局颁发的《地面气象观测规范》执行。

**9.6.5** 灌溉试验站还应在试验区内设置雨量器和蒸发皿(E601 型),在试验阶段观测试区降水量及水面蒸发量。

**9.6.6** 若根据作物灌溉试验要求进行田间小气候观测,应观测的项目及其标准如下:

——地面以上 20cm 处、作物高度的 2/3 处(若两者高差不超过 10cm,只观测前者)、作物冠顶层、地面以上 1.5m 处(若两者高差不超过 10cm,只观测后者)的气温、空气湿度;

——地面以上 1.5m 处(著作物高度不小于 1.5m,则取冠顶层处)的风向、风速;

——旱地的地表、地面以下 5、10、15、20cm 处土温,水田 1/2 水深处的水温和田面处的泥温。

**9.6.7** 灌溉试验站应观测记载无霜期(包括始霜期和终霜期),寒潮和大风、暴雨、冰雹等灾害性天气发生的时间、强度及危害程度;北方应观测冻土深度。

**9.6.8** 灌溉试验总站、省级中心试验站和有条件的其他试验站应采用自动气象站实时监测各种气象因子,为研究作物生理指标与环境因子间的关系提供方便。除特殊要求外,自动气象站可设置为每小时记录一组数据,并以此为基础计算各项因素的日平均值。自动气象站的数据应及时下载、进行汇总整理。

## **9.7 灌溉、排水水量及水田作物田间水深观测**

**9.7.1** 测定试验小区、大田或测坑中的灌溉、排水水量的方法与设备,应根据灌排水量的多少及试验所要求的量水精度进行选择。大田示范试验宜采用量水堰或水表量测,田测小区和坑测试验区宜采用水表或容积法量测,筒测试验宜采用容积法或称重法量测。

**9.7.2** 所选用的任何一种量水设备均需进行率定,其量水精度应符合试验要求。各种量水设备的安装、使用、管理、保养应符合有关的量水工作手册、规范及产品说明书的要求。

**9.7.3** 采用水表量水时,应检验试验中量测最小流量时的精度,此时的精度也应符合试验的要求。

**9.7.4** 水田作物试区和测坑的水层深度应采用微调测针或电测针测定,也可采用跟踪式水位传感器通过计算机自动采集,所测水深的误差应小于 0.1mm。可采用便携式测针,测针的针座不得发生沉陷或位移。在水田作物全生育期中,应每隔 1 个月左右校核测针针座的高程以及田面基准高程 1 次,晒田结束补水后和落干结束补水后也应校核。

**9.7.5** 对于灌、排水量,省级中心试验站宜通过电磁阀、电磁流量计、田面水位计或土壤水分下限自动监测设备,连接到计算机实现自动计量、数据采集、储存和控制,以提高试验效率和精度。

## 10 灌溉试验资料的整理与分析

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 各种灌溉试验观测资料都应及时进行整理和分析。

**10.1.2** 各试验站负责本站有关试验资料的整理、分析、汇总以及试验报告和试验总结的编写工作。在一个站点内连续多年进行的试验项目，由所在站点对多年资料进行统一的整理、分析和汇总。

**10.1.3** 一个省（自治区、直辖市）内有两个以上站点同时进行的试验项目，应进行多站点资料的综合整理、分析和汇编，此项工作由省级中心试验站或重点试验站负责组织有关站点共同完成。

**10.1.4** 全国多个省（自治区、直辖市）联合进行的试验项目，应进行联合的资料整理、分析和汇编，此项工作由灌溉试验总站负责，会同参加工作的省级中心试验站和有关试验站点共同完成。

**10.1.5** 试验的原始观测记录应由观测者签名；整理、分析、汇编的资料，应由相应的整理者、分析计算者、汇编者以及项目负责人签名。

**10.1.6** 每年整编后的资料应当制作电子文本，并按照一定的文件格式保存。电子文本至少应建立两套备份，并定期进行检查和更新。

**10.1.7** 在试验资料的整理分析过程中，除完成相应课题的特定要求外，还应对试验进行总结分析，以利于总结经验，发现问题，改进工作，提高试验水平。

### 10.2 资料的整理

**10.2.1** 试验的原始资料应分科目进行整理。科目的设置可参考

如下方式：试验基本情况，土壤理化性状，耕作栽培情况，灌溉排水与农田水分状况，作物生长发育状况、生理生化状况，气象条件及农田小气候状况，考种测产情况等。

**10.2.2** 定期、连续观测的资料，如农田水分状况、气象条件及农田小气候资料等，应按旬、月、年进行统计整理（不足一旬或一月的资料应注明），并按试验的一些特定要求（如按作物生育阶段或按等时间间隔）进行统计整理。

**10.2.3** 在整理资料之前，应先对原始观测数据进行认真的审查与校核。对明显不符合实际情况的数据或漏测的数据，应认真查找原因，然后实事求是地加以分析处理，以保证试验资料的可靠性。如果不同时间（或试验站）观测的试验数据所采用的计量单位不一致或不符合试验要求，应先进行计量单位的统一化或标准化处理，然后再整理数据。

**10.2.4** 对于设置了多个重复的对比试验，应先对每个重复的原始数据进行校核与审查，然后才能以处理为单元计算其平均值。

**10.2.5** 严禁随意更改、剔除任何原始观测记录。在数据整理过程中如发现有任何疑问的原始资料，应采用以下办法处理：

——由于发生自然灾害、使用不正确的观测方法、观测仪器存在较大误差等原因造成的错误资料，应当舍弃不用；

——明显不合理又未找出原因的资料，在资料整理分析时可暂不采用；

——在一组资料中，如果缺测或错误的数据超过总量的  $1/3$ ，或是关键性资料缺测或有错误，则这一组资料应当全部作废；

——用直观方法不能判断正确与否的资料，可借助数理统计方法判断。

采用上述办法处理的资料，应加标记，并附说明。

**10.2.6** 经过核查、整理的资料，应尽快录入计算机，制作电子文件。整理后的数据应分项列成表格或绘成图表，一种因素的系列数值，应计算出平均值、标准差及变异系数。

### 10.3 资料的分析

**10.3.1** 对于田间对比试验的结果,应进行显著性检验,针对不同条件,可分别采用以下检验方法:

——只有两个处理:  $t$  检验法或方差分析法 ( $F$  检验法);

——三个及三个以上处理: 方差分析法,并用最小显著差数法或最小显著极差法进行多重比较。

**10.3.2** 对于其他类型的试验,在试验设计许可的情况下,也应首先对试验结果进行差异显著性检验。

**10.3.3** 以方差分析法或其他方法为基础,使用  $F$  分布表进行处理之间差异显著性检验时,应采用下列判别标准:

——  $F_u < F_{0.10}$ , 差异不显著;

——  $F_{0.05} > F_u \geq F_{0.10}$ , 差异较显著;

——  $F_{0.01} > F_u \geq F_{0.05}$ , 差异显著(\*);

——  $F_u \geq F_{0.01}$ , 差异极显著(\*\*)。

$F_u$  为因素均方差与误差均方差的比值;  $F_{0.1}$ 、 $F_{0.05}$  与  $F_{0.01}$  分别为  $F$  分布表中相应于  $\alpha=0.10$ 、 $\alpha=0.05$  和  $\alpha=0.01$  的临界值,均根据试验设计的因素自由度  $f_1$  与误差自由度  $f_2$  查出。

**10.3.4** 采用相关分析法或回归分析法分析两组数据之间的定量关系时,应对求得的回归方程式进行显著性检验,并确定其适用范围和置信区间。

### 10.4 资料的整编

**10.4.1** 在一个试验站内,对同一个项目进行连续、多年的观测试验,积累够5年的观测资料后,则应以各年度整理的资料为基础,进行统一的整理汇编。以后每增加5年观测资料,再重新整理汇编一次。

**10.4.2** 多站点联合进行的连续、多年观测试验项目,应在单站资料汇编的基础上,按省(自治区、直辖市)或流域进行多点、多年资料的统一汇编。在全国范围内进行的连续、多年观测试验项

目，则在各省（自治区、直辖市）或各流域资料汇编的基础上，进行全国统一汇编。常规试验项目每5年进行全国汇编。

**10.4.3** 汇编的成果，除包括各站、各年整编的基本内容外，还应对主要资料在年际间和地域上的变化规律进行分析研究。

**10.4.4** 成果汇编时，应对各站、各年的整编资料再进行一次复查。汇编工作的技术负责人应对汇编成果的质量承担责任。

**10.4.5** 汇编成果应及时刊印。刊印的成果中应注明取用资料的站名、年份、参加汇编的工作人员和技术负责人。

## 11 灌溉试验成果的管理与应用

### 11.1 试验资料的管理

#### 11.1.1 灌溉试验研究资料的科技档案材料应包括以下方面：

——站址基本情况资料以及所在地区的自然条件、农业生产和社会经济状况资料；

——试验场地的规划、设计、施工和改建的资料与图纸；

——历年各项灌溉试验的调查、观测原始记录以及计算手稿、草图、实物标本照片、录像带、幻灯片等；

——历年各项灌溉试验研究的依据性文件（试验的报告、研究计划、任务书、委托书、协议书、合同书、论证报告、审批报告和专家意见等）、中间性文件（年度试验报告、阶段试验报告或小结等）以及成果性文件（课题试验总结、论文、成果申报书、成果鉴定书或评审意见书等）；

——灌溉试验研究仪器和设备清单；

——试验过程中所形成的各类电子文件；

——其他（试验产品及其说明书、出版物等）。

11.1.2 灌溉试验研究的科技档案应实行统一管理，有专人负责。灌溉试验研究的科技档案材料的形成、积累、整理和归档应符合国家科技档案管理的有关规定。

11.1.3 牵涉到国家机密的试验研究资料，应按照《中华人民共和国保密法》的要求进行管理与使用。

#### 11.1.4 灌溉试验研究档案材料应符合下列规定：

——除原始观测材料允许用铅笔记录外，其余文字材料应用钢笔书写，不准用铅笔、圆珠笔或复写纸书写；纸张规格应统一，字迹应工整，图像应清晰，时间、地点、作者、数据资料等项目应填写齐全，真实可靠；

——各类原始资料应装订成册，但不得用金属物件装订；

——执行期少于两年的试验课题的材料,应在课题完成后归档。执行期超过两年的试验课题的材料,除在课题全部完成后归档外,还应在试验过程中每两年归档一次;

——试验原始资料归档 1 份,其复制品归档 1~2 份;电子文本应归档 2 个备份。

## 11.2 试验成果的应用

**11.2.1** 灌溉试验研究成果应按照国家有关规定进行鉴定或评审。已通过鉴定或评审的灌溉试验研究成果,成果拥有单位应及时登记,并按国家有关奖励条例申报成果奖励或按《中华人民共和国专利法》申请专利。

**11.2.2** 通过鉴定或评审的灌溉试验研究成果,应在一定范围或区域内进行中间试验或生产示范,经过实践检验,证明对科学技术和生产发展有促进作用或具有经济效益、社会效益的,才可推广应用。

**11.2.3** 通过鉴定或评审的灌溉试验研究成果,应在适当的媒体上进行宣传介绍。原项目负责人和研究人员应编写相应的技术推广材料,对用户进行必要的技术培训,并在用户的实际应用过程中给予必要的技术协助与指导。

## 附录 A 灌溉试验站条件

### A.0.1 灌溉试验总站应配置以下基础设施与仪器设备：

- 文献查新与检索系统；
- 计算机网络系统；
- 数据库管理系统；
- 可用于试验的专用场地实际面积(包括大田和保护地)不少于  $3\text{hm}^2$ ，装备有各类灌溉排水设施；
- 电动防雨设施及一定数量的蒸渗器(测坑、测筒)；
- 能够自动记录与监测水分状况的大型蒸渗仪；
- 自动气象站；
- 土壤水分测定仪，包括中子水分仪、张力计、时域反射仪及其他常规土壤水分测定仪器；
- 作物水分生理状况测定仪器，包括光合作用仪、水势仪，气孔计、茎流仪等；
- 土壤物理状况测定仪器，包括压力膜、盐度计、深层渗漏测定仪；
- 满足养分、水质、作物品质等方面常规检测与分析的综合实验室；
- 流速仪、流量计、水位计、压力表、量水堰等量测水专用设备。

### A.0.2 省级中心试验站应配置以下基础设施与仪器设备：

- 计算机数据库管理系统。
- 可用于试验的专用场地实际面积(包括大田和保护地)不少于  $2\text{hm}^2$ ，装备有各类灌溉排水设施。
- 电动(或手动)防雨设施及一定数量的蒸渗器(测坑、测筒)；从事水田作物灌溉试验的站点，测坑群还应建设地下观测廊道，满足渗漏观测和潜水利用研究的需要。

——自动气象站。

——土壤水分测定仪，包括中子水分仪（或 TRIME）、张力计及其他常规土壤水分测定仪器。

——作物水分生理状况测定仪器，包括光合作用仪、叶水势仪等。

——土壤物理状况测定仪器，包括压力膜、盐度计、渗漏测定仪。

——可进行养分、水质、作物品质等方面常规检测与分析的综合实验室。

——流速仪、流量计、水位计、压力表、量水堰等量测水专用设备。

**A.0.3 省级重点试验站应配备以下灌溉试验设施与仪器设备：**

——计算机数据管理系统。

——可用于试验的专用场地实际面积(包括大田和保护地)不少于 1hm<sup>2</sup>，装备有各类灌溉排水设施。

——电动(或手动)防雨设施及一定数量的蒸渗器(测坑、测筒)；从事水田作物灌溉试验的站点，测坑群还应建设地下观测廊道，满足渗漏观测和潜水利用研究的需要。

——符合中国气象局编制的《地面气象观测规范》要求的气象站。

——简易实验室：包括烘箱、电子天平、土钻、铝盒等，要求满足水分、养分、水质（盐度）等项目的检测与分析需要。

——中子水分仪或 TRIME 等土壤水分定位测定系统。

——流速仪、流量计、水位计、压力表、量水堰等量测水专用设备。

**A.0.4 灌溉试验总站的人员配置不低于如下标准：**

——站长 1 名，负责总站的全面工作，具有高级技术职称和从事多年灌溉试验工作的经历与行政管理经历；

——业务副站长 1 名，负责总站的技术工作，具有高级技术职称和从事多年灌溉试验工作的经历；

——行政副站长 1 名，负责总站的行政管理及后勤服务，具有中级以上技术职称和一定的行政管理经历，了解灌溉试验要求；

——试验研究人员 8~10 名，负责总站承担的科研项目的具体实施以及数据处理和技术服务等工作，具有本科以上学历或中级以上专业技术职称；

——辅助人员 1~2 名，具有中专以上学历或中级以上专业技术职称。

**A.0.5 省级中心试验站的人员配置不低于如下标准：**

——站长 1 名，负责中心试验站的全面工作，具有高级技术职称和从事灌溉试验工作的经历；

——总工 1 名，负责中心试验站的业务工作，具有高级技术职称和从事多年灌溉试验工作的经历；

——行政副站长 1 名，负责中心试验站的行政和后勤保障工作，具有中级以上技术职称，了解灌溉试验要求；

——研究人员 6~8 名，负责中心试验站承担的各项科研任务的具体实施和数据处理与技术服务，具有本科以上学历或初级以上专业技术职称；

——辅助人员 1~2 名，负责试验的日常管理、观测记录等工作，具有中专以上学历或初级以上专业技术职称。

**A.0.6 省级重点试验站的人员配置不低于如下标准：**

——站长 1 名，负责试验站全面工作，具有中级以上专业技术职称和从事灌溉试验工作的经历；

——业务副站长 1 名，负责灌溉试验站的业务工作，具有高级专业技术职称和从事多年灌溉试验工作的经历；

——科研人员 4~6 名，负责各项灌溉试验的实施和基础数据的采集、整理、分析，具有水利、农学或相关专业的专科以上学历或初级以上技术职称；

——实验辅助工 2~3 名，负责试验田的田间管理，协助试验数据的观测和整理。

## 附录 B 计 算 公 式

**B.0.1** 用称重式测筒测定作物蒸发蒸腾量时,蒸发蒸腾量可按公式(B.0.1)计算:

$$ET_{1-2} = \frac{G_1 - G_2 + G_m + G_p - G_c}{S} \quad (\text{B.0.1})$$

式中  $ET_{1-2}$ ——阶段蒸发蒸腾量, mm;

$G_1$ ——时段开始时的土壤容器总重量, kg;

$G_2$ ——时段末时的土壤容器总重量, kg;

$G_m$ ——时段内向土壤容器内的灌水量, kg;

$G_p$ ——时段内落入土壤容器内的降水量, kg;

$G_c$ ——时段内土壤容器中的土表及底层排水量之和, kg;

$S$ ——土壤容器内的水平截面积,  $\text{m}^2$ 。

**B.0.2** 利用测定土壤含水率来测定作物蒸发蒸腾量时,蒸发蒸腾量可按公式(B.0.2)计算:

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i (W_{1i} - W_{2i}) + M + P + K - C \quad (\text{B.0.2})$$

式中  $ET_{1-2}$ ——阶段蒸发蒸腾量, mm;

$i$ ——土壤层次号数;

$n$ ——土壤层次总数目;

$\gamma_i$ ——第  $i$  层土壤干容重,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$H_i$ ——第  $i$  层土壤的厚度, cm;

$W_{1i}$ ——第  $i$  层土壤在时段始的含水率 (干土重的百分率);

$W_{2i}$ ——第  $i$  层土壤在时段末的含水率 (干土重的百分容);

$M$ ——时段内的灌水量, mm;

$P$ ——时段内的降水量, mm;

$K$ ——时段内的地下水补给量, mm, 在有底测坑条件下,  $K=0$ ;

$C$ ——时段内的排水量(地表排水与下层排水之和), mm。

**B.0.3** 稻田有水层时蒸发蒸腾量和渗漏量可按公式(B.0.3-1)~公式(B.0.3-3)计算:

$$ET_d = h_1 - h_2 + m + p - f - c \quad (\text{B.0.3-1})$$

$$W_d = h'_1 - h'_2 + m' + p' - c' \quad (\text{B.0.3-2})$$

$$F_d = W_d - ET_d \quad (\text{B.0.3-3})$$

式中  $ET_d$ ——日蒸发蒸腾量;

$W_d$ ——日蒸发蒸腾量与田间渗漏量之和;

$F_d$ ——日渗漏量;

$h_1$ ——蒸渗器中第一日初的土面水位;

$h_2$ ——蒸渗器中第二日初的土面水位;

$m$ ——蒸渗器中第一日内的灌水量;

$p$ ——蒸渗器中第一日内的降水量;

$f$ ——蒸渗器中第一日内土底排水量(渗漏量);

$c$ ——蒸渗器中第一日内地面排水量;

$h'_1$ ——试验小区中第一日初田面水位;

$h'_2$ ——试验小区中第二日初田面水位;

$m'$ ——试验小区中第一日内灌水量;

$p'$ ——试验小区中第一日内降水量;

$c'$ ——试验小区中第一日内排水量。

以上各项的单位均为 mm。

**B.0.4** 稻田无水层阶段的蒸发蒸腾量和渗漏量可按下列两种方法计算:

1 用补水法确定:

1) 无水层阶段蒸渗器的蒸发蒸腾量按公式(B.0.4-1)计算

$$ET_g = h_{bg} - h_{ag} - C_g + P_g + m \quad (\text{B.0.4-1})$$

- 式中  $ET_g$ ——落干阶段内蒸发蒸腾量；  
 $h_{bg}$ ——蒸渗器内落干前土面水层的水位；  
 $h_{ag}$ ——蒸渗器内落干结束第一次灌水后（达到水位稳定）土面水层的水位；  
 $C_g$ ——落干期间蒸渗器土壤容器内的土面和土底排水量之和；  
 $P_g$ ——落干期间的降雨量；  
 $m$ ——落干后向蒸渗器内第一次灌水的水量。

以上各项的单位均为 mm。

- 2) 无水层阶段小区的蒸发蒸腾量与渗漏量之和按公式 (B.0.4-2) 计算

$$W_g = h'_{bg} - h'_{ag} - C'_g + P'_g + m' \quad (\text{B.0.4-2})$$

- 式中  $W_g$ ——落干时段内蒸发蒸腾量和渗漏量之和；  
 $h'_{ag}$ ——落干前的小区田面水位；  
 $h'_{bg}$ ——落干结束第一次灌水后（达到水位稳定）小区田面水位；  
 $C'_g$ ——落干时段内（两次水位观测之间）小区的地面排水量；  
 $P'_g$ ——落干期间的降水量；  
 $m'$ ——落干结束后小区内第一次灌水的水量。

以上各项的单位均为 mm。

- 3) 无水层阶段的田间渗漏量按公式 (B.0.4-3) 计算

$$F_g = W_g - ET_g \quad (\text{B.0.4-3})$$

- 式中  $F_g$ ——落干阶段内的田间渗漏量, mm。

## 2 用土壤含水率法确定：

- 1) 无水层阶段蒸渗器的蒸发蒸腾量按公式 (B.0.4-4) 或公式 (B.0.4-5) 计算

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^m \gamma_i H_i (W_{z1} - W_{z2}) + M + P + K - C \quad (\text{B.0.4-4})$$

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^m n_i H_i (\theta_{1i} - \theta_{2i}) + M + P + K - C \quad (\text{B.0.4-5})$$

式中  $ET_{1-2}$ ——蒸渗器内时段 1~2 的蒸发蒸腾量, mm;  
 $i$ ——土壤层次号数;  
 $m$ ——土壤层次总数目;  
 $\gamma_i$ ——第  $i$  层土壤干容重, g/cm<sup>3</sup>;  
 $H_i$ ——第  $i$  层土壤的厚度, cm;  
 $W_{1i}$ ——第  $i$  层土壤在时段始的含水率 (干土重的百分率);  
 $W_{2i}$ ——第  $i$  层土壤在时段末的含水率 (干土重的百分率);  
 $\theta_{1i}$ ——第  $i$  层土壤在时段始的含水率 (土壤孔隙体积的百分率);  
 $\theta_{2i}$ ——第  $i$  层土壤在时段末的含水率 (土壤孔隙体积的百分率);  
 $n_i$ ——第  $i$  层土壤的孔隙率 (土壤体积的百分率);  
 $M$ ——时段内的灌水量, mm;  
 $P$ ——时段内的降水量, mm;  
 $K$ ——时段内的地下水补给量, mm, 在有底测坑条件下,  $K=0$ ;  
 $C$ ——时段内的排水量 (地表排水与下层排水之和), mm。

2) 无水层阶段小区的蒸发蒸腾量与渗漏量之和按公式 (B.0.4-6) 或公式 (B.0.4-7) 计算

$$W_{gl-2} = 10 \sum_{i=1}^{m'} \gamma'_i H'_i (W'_{1i} - W'_{2i}) + M' + P' + K' - C' \quad (\text{B.0.4-6})$$

$$W_{gl-2} = 10 \sum_{i=1}^{m'} n'_i H'_i (\theta'_{1i} - \theta'_{2i}) + M' + P' + K' - C' \quad (\text{B.0.4-7})$$

式中  $W_{g1-2}$ ——小区内时段 1~2 的蒸发蒸腾量与渗漏量之和, mm;

$i$ ——小区内土壤层次号数;

$m'$ ——小区内土壤层次总数目;

$\gamma'_i$ ——小区内第  $i$  层土壤干容重,  $g/cm^3$ ;

$H'_i$ ——小区内第  $i$  层土壤的厚度, cm;

$W'_{i1}$ ——小区内第  $i$  层土壤在时段始的含水率 (干土重的百分率);

$W'_{i2}$ ——小区内第  $i$  层土壤在时段末的含水率 (干土重的百分率);

$\theta'_{i1}$ ——小区内第  $i$  层土壤在时段始的含水率 (土壤孔隙体积的百分率);

$\theta'_{i2}$ ——小区内第  $i$  层土壤在时段末的含水率 (土壤孔隙体积的百分率);

$n'_i$ ——小区内第  $i$  层土壤的孔隙率 (土壤体积的百分率);

$M'$ ——小区时段内的灌水量, mm;

$P'$ ——小区内时段的降水量, mm;

$K'$ ——小区内时段的地下水补给量, mm, 在有底测坑条件下,  $K' = 0$ ;

$C'$ ——小区内时段的地表排水量, mm。

3) 无水层阶段的田间渗漏量按公式(B.0.4-8)计算

$$F_{1-2} = W_{g1-2} - ET_{1-2} \quad (B.0.4-8)$$

式中  $F_{1-2}$ ——时段 1~2 的田间渗漏量, mm。

**B.0.5** 参考作物蒸发蒸腾量  $ET_0$  可按彭曼—蒙蒂斯(Penman—Monteith)公式计算:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 U_2)} \quad (B.0.5-1)$$

$$\Delta = \frac{4098 e_a}{(T + 237.3)^2} \quad (\text{B.0.5-2})$$

$$e_a = 0.611 \exp\left(\frac{17.27 T}{T + 237.3}\right) \quad (\text{B.0.5-3})$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (\text{B.0.5-4})$$

$$R_{ns} = 0.77(0.25 + 0.5 n/N) R_a \quad (\text{B.0.5-5})$$

$$N = 7.64 W_s \quad (\text{B.0.5-6})$$

$$W_s = \arccos(-\tan \psi \tan \delta) \quad (\text{B.0.5-7})$$

$$\delta = 0.409 \sin(0.0172 J - 1.39) \quad (\text{B.0.5-8})$$

$$R_a = 37.6 d_r (W_s \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cos \delta \sin W_s) \quad (\text{B.0.5-9})$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi J}{365}\right) \quad (\text{B.0.5-10})$$

$$R_{nl} = 2.45 \times 10^{-9} (0.9 n/N + 0.1) (0.34 - 0.14 \sqrt{e_d}) (T_{kx}^4 + T_{kn}^4) \quad (\text{B.0.5-11})$$

$$e_d = \frac{e_d(T_{\min}) + e_d(T_{\max})}{2} = \frac{1}{2} e_a(T_{\min}) \frac{RH_{\max}}{100} + \frac{1}{2} e_a(T_{\max}) \frac{RH_{\min}}{100} \quad (\text{B.0.5-12})$$

$$T_{kx} = T_{\max} + 273 \quad (\text{B.0.5-13})$$

$$T_{kn} = T_{\min} + 273 \quad (\text{B.0.5-14})$$

$$\gamma = 0.00163 P / \lambda \quad (\text{B.0.5-15})$$

$$P = 101.3 \left[ \frac{293 - 0.0065 Z}{293} \right]^{5.26} \quad (\text{B.0.5-16})$$

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T \quad (\text{B.0.5-17})$$

$$u_2 = 4.87 u_h / \ln(67.8 h - 5.42) \quad (\text{B.0.5-18})$$

式中  $ET_0$ ——参考作物蒸发蒸腾量, mm/d;

$\Delta$ ——温度—饱和水汽压关系曲线在  $T$  处的切线斜率, kPa/°C;

$T$ ——平均气温, °C;

$e_a$ ——饱和水汽压, kPa;

- $R_n$ ——净辐射, MJ/ (m<sup>2</sup>·d);  
 $R_{ns}$ ——净短波辐射, MJ/ (m<sup>2</sup>·d);  
 $R_{nl}$ ——净长波辐射, MJ/ (m<sup>2</sup>·d);  
 $n$ ——实际日照时数, h;  
 $N$ ——最大可能日照时数, h;  
 $W_s$ ——日照时数角, rad;  
 $\psi$ ——地理纬度, rad;  
 $\delta$ ——日倾角, rad;  
 $J$ ——日序数 (1月1日为1, 逐日累加);  
 $R_a$ ——大气边缘太阳辐射, MJ/ (m<sup>2</sup>·d);  
 $d_r$ ——日地相对距离的倒数;  
 $e_a$ ——实际水汽压, kPa;  
 $RH_{max}$ ——日最大相对湿度, %;  
 $T_{min}$ ——日最低气温, °C;  
 $e_a(T_{min})$ —— $T_{min}$  时饱和水汽压, kPa, 可将  $T_{min}$  代入公式 (B.0.5-3) 求得;  
 $e_a(T_{min})$ —— $T_{min}$  时实际水汽压, kPa;  
 $RH_{min}$ ——日最小相对湿度, %;  
 $T_{max}$ ——日最高气温, °C;  
 $e_a(T_{max})$ —— $T_{max}$  时饱和水汽压, kPa, 可将  $T_{max}$  代入公式 (B.0.5-3) 求得;  
 $e_a(T_{max})$ —— $T_{max}$  时实际水汽压, kPa;  
 $T_{kx}$ ——最高绝对温度, °K;  
 $T_{kn}$ ——最低绝对温度, °K;  
 $G$ ——土壤热通量, MJ/ (m<sup>2</sup>·d);  
 $\gamma$ ——湿度表常数, kPa/°C;  
 $P$ ——气压, kPa;  
 $Z$ ——计算地点海拔高程, m;  
 $\lambda$ ——潜热, MJ/kg;

$u_2$ ——2m 高处风速, m/s;  
 $h$ ——风标高度, m;  
 $u_h$ ——风标高度处的实际风速, m/s。

若资料不符合公式(B.0.5-12)要求或计算较长时段  $ET_0$ , 也可采用公式(B.0.5-13)计算  $e_d$ , 即

$$e_d = RH_{mean} / \left[ \frac{50}{e_a(T_{min})} + \frac{50}{e_a(T_{max})} \right] \quad (B.0.5-19)$$

$$RH_{mean} = \frac{RH_{max} + RH_{min}}{2} \quad (B.0.5-20)$$

式中  $RH_{mean}$  ——平均相对湿度, %。

在最低气温等于或十分接近露点温度时, 也可采用公式(B.0.5-21)计算  $e_d$ , 即

$$e_d = 0.611 \exp \left\{ \frac{17.27 T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right\} \quad (B.0.5-21)$$

对于逐日估算  $ET_0$ , 则第  $d$  日土壤热通量为

$$G = 0.38(T_d - T_{d-1}) \quad (B.0.5-22)$$

对于分月估算  $ET_0$ , 则第  $m$  月土壤热通量为

$$G = 0.14(T_m - T_{m-1}) \quad (B.0.5-23)$$

式中  $T_d$ 、 $T_{d-1}$  ——第  $d$ 、 $d-1$  日气温, °C;

$T_m$ 、 $T_{m-1}$  ——第  $m$ 、 $m-1$  月气温, °C。

**B.0.6** 每次降雨的有效雨量可按下列两种方法计算:

**1** 测定降雨前后作物根系吸水层内土壤含水率或水田水层深度, 用公式(B.0.6-1)~公式(B.0.6-3)计算有效降雨量。

$$\text{旱田: } P_0 = 10 \gamma H (W_2 - W_1) + (ET_d - K_d) t \quad (B.0.6-1)$$

$$\text{或 } P_0 = 10 n H (\theta_2 - \theta_1) + (ET_d - K_d) t \quad (B.0.6-2)$$

$$\text{水田: } P_0 = h_2 - h_1 + (ET_d + F_d) t \quad (B.0.6-3)$$

式中  $P_0$  ——有效降雨量, mm;

$\gamma$  ——土壤干容重, g/cm<sup>3</sup>;

$H$  ——根系吸水层深度, cm;

$t$  ——前后两次测定土壤含水率或水层深度相隔的时间, d;

$ET_d$ ——时段内的日平均蒸发蒸腾量, mm/d;

$K_d$ —— $t$ 时段内旱田日平均地下水有效补给量, mm/d;

$F_d$ —— $t$ 时段内水稻田日平均渗漏量, mm/d;

$W_1$ 、 $W_2$ ——降雨前、降雨后测得的土壤含水率(干土重百分率);

$\theta_1$ 、 $\theta_2$ ——降雨前、降雨后测得的土壤含水率(土壤孔隙体积百分率);

$n$ ——土壤孔隙率(土壤体积百分率);

$h_1$ 、 $h_2$ ——降雨前、降雨后测得的水田水层深度, mm, 水田无水层时按旱田公式计算。

2 通过测定降雨产生的地表径流量及深层渗漏量用公式(B.0.6-4)计算旱田的有效降雨量。

$$P_0 = P - S - F \quad (\text{B.0.6-4})$$

式中  $P_0$ ——有效降雨量;

$P$ ——降雨量;

$S$ ——地表径流量;

$F$ ——深层渗漏量。

以上各项单位均为 mm。

**B.0.7** 一个时段内的有效降雨量可按公式(B.0.7-1)、公式(B.0.7-2)计算:

——对于旱作农田:

$$P_0 = ET - K - M - (W_1 - W_2) \quad (\text{B.0.7-1})$$

——对于水稻田:

$$P_0 = ET + F - M - (h_1 - h_2) \quad (\text{B.0.7-2})$$

式中  $P_0$ ——计算时段内有效降雨量;

$ET$ ——计算时段内蒸发蒸腾量;

$K$ ——计算时段内旱田地下水补给量;

$F$ ——计算时段内水稻田渗漏量;

$M$ ——计算时段内灌溉定额;

$W_1$ 、 $W_2$ ——计算时段开始、结束时根系吸水层内土壤储水量;

$h_1$ 、 $h_2$ ——计算时段开始、结束时水田的田面水层深度，水田无水层时按旱作农田公式计算。

以上各项均以 mm 为单位。

**B.0.8** 不同农业技术水平下的灌溉增产率以及灌溉效益与农业效益分摊系数可按公式(B.0.8-1)~公式(B.0.8-4)计算：

$$\Delta C_{y1} = \frac{Y_2 - Y_1}{Y_1} \times 100\% \quad (\text{B.0.8-1})$$

$$\Delta C_{y2} = \frac{Y_4 - Y_3}{Y_3} \times 100\% \quad (\text{B.0.8-2})$$

$$k_w = \frac{(Y_2 - Y_1) + (Y_4 - Y_3)}{2(Y_4 - Y_1)} \quad (\text{B.0.8-3})$$

$$k_a = \frac{(Y_3 - Y_1) + (Y_4 - Y_2)}{2(Y_4 - Y_1)} \quad (\text{B.0.8-4})$$

式中  $\Delta C_{y1}$ 、 $\Delta C_{y2}$ ——一般水平农业技术措施、高水平农业技术措施条件下的灌溉增产百分率；

$k_w$ 、 $k_a$ ——灌溉效益、农业效益的分摊系数；

$Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$ 、 $Y_4$ ——相应于本规范 6.8.2 四种处理的作物产量（取相同单位）。

**B.0.9** 作物水分生产函数的常用模型如下：

1 以灌水量为自变量的全生育期作物水分生产函数。

$$Y = a_0 + b_0 W + c_0 W^2 \quad (\text{B.0.9-1})$$

式中  $Y$ ——作物产量，kg/hm<sup>2</sup> 或 t/hm<sup>2</sup>；

$W$ ——灌水量，mm；

$a_0$ 、 $b_0$ 、 $c_0$ ——经验系数。

2 以蒸发蒸腾量为自变量的全生育期作物水分生产函数包括以下两种类型：

1) 线性模型

$$Y = a_1 + b_1 ET_a \quad (\text{B.0.9-2})$$

2) 非线性模型

$$Y = a_2 + b_2 ET_a + c_2 ET_a^2 \quad (\text{B.0.9-3})$$

式中  $ET_a$ ——实际蒸发蒸腾量, mm;

$a_1$ 、 $b_1$ 、 $a_2$ 、 $b_2$ 、 $c_2$ ——经验系数。

3 相对减产量与相对亏水量的线性模型。

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (\text{B.0.9-4})$$

式中  $Y_a$ ——作物实际产量, kg/hm<sup>2</sup> 或 t/hm<sup>2</sup>;

$Y_m$ ——作物最大产量, kg/hm<sup>2</sup> 或 t/hm<sup>2</sup>;

$ET_m$ ——最大蒸发蒸腾量, mm;

$K_y$ ——作物产量反应系数。

4 生育阶段蒸发蒸腾量作物水分生产函数模型。

1) 乘法模型(Jensen 模型)

$$\frac{Y_a}{Y_m} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)_i^{\lambda_i} \quad (\text{B.0.9-5})$$

式中  $\lambda_i$ ——作物不同生长阶段缺水对产量的敏感指数(幂指数型),  $i=1,2,\dots,n$ , 为阶段划分序号。

2) 加法模型(Blank 模型)

$$\frac{Y_a}{Y_m} = \sum_{i=1}^n K_i \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)_i \quad (\text{B.0.9-6})$$

式中  $K_i$ ——作物不同生长阶段( $i$ )缺水对产量的敏感系数,  $i=1,2,\dots,n$ , 为阶段划分序号。

**B.0.10** 土壤孔隙率及空气容量可按公式(B.0.10-1)~公式(B.0.10-5)计算:

$$\varepsilon_t = \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_s}\right) \times 100\% \quad (\text{B.0.10-1})$$

$$\varepsilon_n = \gamma W_{wp} / \gamma_w \quad (\text{B.0.10-2})$$

$$\varepsilon_c = \gamma(W_{cp} - W_{wp}) / \gamma_w \quad (\text{B.0.10-3})$$

$$\varepsilon_a = \varepsilon_t - \varepsilon_n - \varepsilon_c \quad (\text{B.0.10-4})$$

$$V_a = \varepsilon_t - \theta \quad (\text{B.0.10-5})$$

式中  $\varepsilon_t$ 、 $\varepsilon_n$ 、 $\varepsilon_c$ 、 $\varepsilon_a$ ——土壤的总孔隙率、无效孔隙率、毛管孔隙率和通气孔隙率,均以占土壤体积的百分数表示;

- $V_a$ ——空气容量,以占土壤体积的百分数表示;
- $\gamma$ 、 $\gamma_s$ 、 $\gamma_w$ ——土壤干容重、土粒比重和水的容重;
- $W_{wp}$ 、 $W_{cp}$ ——凋萎系数和田间持水率,以占干土重的百分数表示;
- $\theta$ ——土壤含水率;以占土壤体积的百分数表示。

## 附录 C 水稻、冬小麦、玉米、 棉花生育性状调查

### C.1 水 稻

#### C.1.1 生育阶段的划分应符合下列规定：

- 1 苗期。即秧田期，实际播种到栽秧的时期。
- 2 返青期。栽秧到全区有 10% 植株的新生分蘖叶尖露出叶鞘(分蘖始期)。
- 3 分蘖前期。分蘖始期到有 80% 植株的新生分蘖露出叶鞘。
- 4 分蘖后期。有 80% 的植株出现新生分蘖到有 10% 的植株开始拔节(即拔节始期，其植株基部茎节间伸长到一定程度：早稻 1cm 以上，晚稻 2cm 以上)。
- 5 拔节孕穗期。拔节始期到有 10% 植株的稻穗抽出剑叶(抽穗始期)。
- 6 抽穗开花期。抽穗始期到有 10% 植株的稻穗中部籽粒进入乳熟(籽粒内容物充满颖壳，呈乳浆状，此时为乳熟始期)。
- 7 乳熟期。乳熟始期到有 10% 植株的稻穗中部籽粒进入黄熟(籽粒内容物浓结，呈蜡状，此时为黄熟始期)。
- 8 黄熟期。黄熟始期到有 80% 植株的谷粒变黄。
- 9 本田全生育期。从栽秧到成熟收割的时期。

#### C.1.2 生育动态调查内容与方法如下：

- 1 基本苗。水稻返青后成活的稻苗数(有分蘖的应包括分蘖苗)。
- 2 分蘖。通过定点观测每丛苗数，考察分蘖增减动态和最高分蘖数，开始分蘖时每隔 5d 测一次，临近分蘖高峰期至抽穗期每隔 2~3d 测一次。
- 3 株高。抽穗前为土面至每丛最高叶尖的高度，抽穗后为土面至最高穗顶(不连芒)的高度。

- 4 叶龄指数。某生育期的出叶数占主茎总叶片数之百分比。
- 5 叶面积指数。农田中叶面总面积与本农田面积之比。
- 6 干物重。应分别测定地上植株、根系及总干物重。
- 7 根系性状。包括发根数目(茎基部分蘖节处发根的数目)、根的分布以及根量(单丛根的体积、鲜重与干重)。
- 8 长相。在各主要生育阶段内,用田间定丛照相测定。

#### C.1.3 考种内容与方法如下:

- 1 穗长。穗节至穗尖(不连芒)的长度。
- 2 有效穗数。每穗结实粒数在 5 粒以上的稻穗数(被病、虫危害造成的白穗亦作有效穗计算)。
- 3 每穗粒数。包括实粒、空瘪粒(谷粒完全未灌浆的为空粒,灌浆充实程度不到 2/3 的为瘪粒)和已脱落的粒数。
- 4 千粒重。两次随机所取晒干扬净谷粒各 1000 粒的平均重量,换算成标准含水率(13%~14%)的千粒重,两次重量之差不得大于 3%。
- 5 产量。
  - 1)理论产量是指按单位面积有效穗数、每穗实粒数和千粒重计算出的产量。
  - 2)实际产量是指单打单收晒干扬净的稻谷产量。
- 6 谷草比例。稻谷和稻草干重之比。

## C.2 冬 小 麦

### C.2.1 生育阶段的划分应符合下列规定:

- 1 发芽出苗期。从播种到有 50%幼苗的第一片真叶露出地面 1.5~2cm 的日期。
- 2 苗期。从出苗到有 10%植株的新生分蘖叶尖露出叶鞘。
- 3 分蘖前期。有 10%植株的新生分蘖叶尖露出叶鞘到麦苗停止生长。
- 4 越冬期。由麦苗停止生长到 10%植株来春叶色转为青绿。
- 5 返青期(分蘖后期)。有 10%植株来春叶色转为青绿到有

10%的植株开始拔节(即拔节始期,其植株基部茎节间伸长1.5~2cm)。

6 拔节期。由拔节始期到有10%植株的剑叶(旗叶)全部露出叶鞘(叶鞘呈纺锤形)。

7 孕穗期。有10%植株的剑叶全部露出叶鞘到有10%植株的麦穗抽出剑叶(抽穗始期)。

8 抽穗开花期。由抽穗始期到有10%植株的麦穗中部籽粒进入乳熟(籽粒内容物呈乳浆状,此时为乳熟始期)。

9 乳熟期。乳熟始期到有10%植株的麦穗中部籽粒进入黄熟(籽粒内容物浓结,呈蜡状,此时为黄熟始期)。

10 黄熟期。由黄熟始期到有80%植株的麦粒变黄。

11 全生育期。由播种到成熟收割的时期。

### C.2.2 生育动态调查内容与方法如下:

1 基本苗。齐苗后5d左右(分蘖前)在小区设两个固定点,每点选取1m行长调查基本苗;然后折算成每公顷基本苗数。

2 分蘖数。仍用上述试验小区的两个固定点进行调查和计算。开始分蘖时每隔5d测一次,临近分蘖高峰期至抽穗期每隔2~3d测一次。

1)冬前分蘖数:越冬前的分蘖数。

2)总分蘖数:在拔节期间分蘖数达最高峰时的分蘖数。

3)有效分蘖数(穗数):在成熟前调查已成穗的分蘖数。

4)有效分蘖率:

$$\text{有效分蘖率}(\%) = \frac{\text{有效分蘖数}}{\text{总分蘖数}} \times 100\% \quad (\text{C.2.2})$$

3 株高。抽穗前为土面至最高叶尖的高度,抽穗后为土面至最高穗顶(不连芒)的高度。

4 叶龄指数。某生育期的出叶数占主茎总叶片数之百分比。

5 叶面积指数。农田中绿叶总面积与相应农田面积之比。

6 干物重。应分别测定地上植株、根系及总干物重。

7 根系性状。包括发根数目(茎基部分蘖节处发根的数目)、

根的分布以及根量(单丛根的体积、鲜重与干重)。

8 长相。在各主要生育阶段内,用田间定丛照相测定。

9 倒伏。

1)0级——植株直立不倒;

2)1级——倒伏轻微,不超过 15°;

3)2级——倒伏中等,不超过 45°;

4)3级——倒伏严重,超过 45°。

**C.2.3 考种内容与方法如下:**

1 穗长。自穗节基部量至穗尖(不连芒)的长度。

2 有效穗数。每穗结实粒数在 5 粒以上的穗数(被病、虫害造成的空穗亦作有效穗计算)。

3 每穗粒数。从样点取 20~30 个麦穗混合脱粒,数清总粒数,然后用穗数除总粒数。

4 千粒重。每千粒的重量,重复三次取平均值,以克表示。

5 产量。

1)理论产量是指按单位面积有效穗数、每穗实粒数和千粒重计算出的产量。

2)实际产量是指单打单收晒干扬净的实收产量。

### **C.3 玉 米**

**C.3.1 生育阶段的划分应符合下列规定:**

1 发芽出苗期。有 50%的穴内的种子发芽出土高约 2cm 的日期(出苗)。

2 苗期。从出苗到有 10%植株近地面的茎秆基部能摸到茎节(鼓包)。

3 拔节期。有 10%植株近地面的茎秆基部能摸到茎节到 10%植株雄穗尖端露出顶叶。

4 抽雄吐丝期。10%植株雄穗尖端露出顶叶到 10%植株开始灌浆(籽粒内容物呈乳浆状)的时期。

5 灌浆成熟期。10%植株开始灌浆到 80%以上植株的果穗、

苞叶变黄色、籽粒硬化时期。

6 全生育期。由播种到成熟收割的时期。

**C.3.2 生育动态调查内容与方法如下：**

1 株数。选取样点测定行距、株距，在折算成每公顷株数；

2 株高。选取 10~20 株进行测量，抽雄前为土面至最高叶尖的高度，抽雄后由土面量至雄穗顶端的高度；

3 农田覆盖度(叶面积系数)。测定方法同小麦；

4 空秆率(%)。小区的空秆数(包括不抽雌穗和抽雌穗而不结实的)占总秆数的百分数。

**C.3.3 考种内容与方法如下：**

1 单株有效穗数。小区果穗总数除以小区总株数。

2 穗长。从穗基部量至穗的顶端。

3 秃尖长。穗顶端没有结籽的长度。

4 每穗粒数。随机取几个果穗脱粒，数其粒数，取其平均值。

5 百粒重。脱粒后随机取百粒称重，重复 3~4 次，取其平均值，以克表示。

6 产量。小区收获脱粒后的籽粒风干重，并折算成  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

## C.4 棉花

**C.4.1 生育阶段的划分应符合下列规定：**

1 发芽出苗期。从播种到有 80% 的幼苗平展出两片子叶(齐苗期)的时期。

2 苗期。齐苗期到有 10% 的棉株出现长达 3mm 三角形幼蕾(现蕾始期)。

3 蕾期。现蕾始期到有 10% 的棉株出现第一朵花(开花始期)。

4 花龄期。开花始期到有 10% 的棉株开始吐絮(吐絮始期)。

5 吐絮期。吐絮始期到收花完毕。

6 全生育期。从播种到收花完毕的时期。

**C.4.2 生育动态调查内容与方法如下：**

1 株数。

2 株高。自子叶节至顶部第一片展开叶片的高度。

3 其他。叶面积指数、干物重、根系性状、植株长相的考查标准可参考水稻。

4 蕾铃脱落及结铃情况。未开花而脱落的为落蕾,开花后脱落的为落铃。各种百分率按公式(C.4.2-1)~公式(C.4.2-4)计算:

$$\text{落蕾率} = \frac{\text{落蕾数}}{\text{现蕾总数}} \times 100\% \quad (\text{C.4.2-1})$$

$$\text{落铃率} = \frac{\text{落铃数}}{\text{开花总数}} \times 100\% \quad (\text{C.4.2-2})$$

$$\text{蕾铃脱落率} = \frac{\text{蕾铃脱落总数}}{\text{现蕾总数}} \times 100\% \quad (\text{C.4.2-3})$$

$$\text{结铃率} = \frac{\text{结铃数}}{\text{现蕾总数}} \times 100\% \quad (\text{C.4.2-4})$$

5 三桃考查。包括三种棉桃的桃数及其所占百分率。7月15日以前成龄的为伏前桃,7月15日至8月15日成铃的为伏桃,8月15日至9月15日成铃的为秋桃。

**C.4.3 考种内容与方法如下:**

1 单铃重。吐絮盛期时的平均单铃重(g)。

2 霜前花百分率。霜前花(降霜前和霜后1~2d内所收)的籽棉重量占总收花籽棉重量的百分数。

3 僵瓣花百分率。僵瓣花(棉铃开裂后棉絮结团而不松开的棉花)的重量占总收花重量的百分率。

4 产量。

1)籽棉产量是指籽棉(包括霜前花和霜后花)晒干后的重量。

2)皮棉产量是指籽棉轧花后的皮棉(棉纤维)重量。

5 衣分。皮棉重占籽棉重的百分比。

6 纤维长度。用左右分梳法将棉桃纤维分开,其中部长度即是纤维长度。

## 标准用词说明

执行本规范时,标准用词应遵守下表规定。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	