



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 43996.2—2024

微细气泡技术 农业应用 第2部分：评价大麦种子发芽促进作用的 测试方法

Fine bubble technology—Agricultural applications—
Part 2: Test method for evaluating the promotion of the germination of barley seeds

(ISO 23016-2:2019, MOD)

2024-04-25 发布

2024-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 测试原理 2

 4.1 测试系统概述 2

 4.2 测试结果评价 2

5 试验对象 3

6 仪器和试验设备 3

 6.1 用于发芽试验的种子 3

 6.2 超细气泡发生系统和超细气泡水 3

 6.3 测量和观察仪器 3

 6.4 烧杯 4

 6.5 恒温水箱 4

 6.6 塑料网袋 4

 6.7 测试托盘和滤纸 4

 6.8 检验用的有限样本 4

 6.9 测量装置和设备的维护 4

7 测试环境 4

 7.1 温度条件 4

 7.2 待测环境参数 5

8 测试流程 5

 8.1 测试周期和检验间隔 5

 8.2 选种及装袋 5

 8.3 超细气泡水和对照水的使用 6

 8.4 托盘准备与观察 6

 8.5 检查与记录 7

9 测试报告 7

附录 A（资料性） 实验室测试结果示例 8

附录 B（规范性） 大麦种子有限样本 9

参考文献 10

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/Z 43996《微细气泡技术 农业应用》的第 2 部分。GB/Z 43996 已经发布了以下部分:

——第 1 部分:评价水培生菜生长促进作用的测试方法;

——第 2 部分:评价大麦种子发芽促进作用的测试方法。

本文件修改采用 ISO 23016-2:2019《微细气泡技术 农业应用 第 2 部分:评价大麦种子发芽促进作用的测试方法》,文件类型由 ISO 的标准调整为我国的国家标准化指导性技术文件。

本文件与 ISO 23016-2:2019 相比做了下述结构调整:

——删除了 ISO 23016-2:2019 的 3.2、3.3、3.10,后续条目号依次前移。

本文件与 ISO 23016-2:2019 的技术差异及其原因如下:

——更改了术语和定义引导语的引用文件,用 GB/T 41914.1 替换了 ISO 20480-1、GB/T 41914.2 替换了 ISO 20480-2(见第 3 章),以适应我国的技术条件;

——删除了术语“浸种”“超细气泡发生系统”“生长周期”及其定义(见 ISO 23016-2:2019 的 3.2、3.3 和 3.12),以提高可操作性;

——更改了术语“对照水”“原水”的定义(见 3.3、3.4,ISO 23016-2:2019 的 3.5、3.6),以提高可操作性;

——将 A2 规格的水由脚注说明调整为条文内容(见第 5 章),以提高可操作性;

——增加了“薄膜盖住烧杯顶部”的选项(见 7.1),以提高可操作性。

本文件做了下列编辑性改动:

——更改了 3.2 超细气泡水的注;

——电导率单位更改为 mS/m;

——6.2 中超细气泡发生系统构成装置的“超细气泡发生系统”更改为“微细气泡发生系统”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国微细气泡技术标准化技术委员会(SAC/TC 584)归口。

本文件起草单位:泰州巨纳新能源有限公司、绍兴文理学院、上海海洋大学、南京国科农业科技发展有限公司、宁波海伯集团有限公司、北京航空航天大学、同济大学、绍兴市科技产业投资有限公司、国家纳米科学中心、江苏农牧科技职业学院、中国科学院上海高等研究院、郑州轻工业大学、东南大学、泰州市泰兴市张桥镇吴榨村股份经济合作社、上海乔稼农产品专业合作社、鄱阳县爱农农业有限公司。

本文件主要起草人:梁奇锋、丁荣、梁贺君、朱荣、陈谷一、夏少华、柳姝、李攀、陈晓清、陈岚、翟旭军、王建国、袁文军、李继香、刘楠、许竞翔、吕俊鹏、朱梦雪、邵悦、王建军、黄生飞、朱银标。

引 言

鉴于微细气泡技术在农业中的应用日益增长,特制定本文件以确定该领域中的相关标准,特别关注微细气泡技术对促进大麦种子发芽和生长的作用。

在农业中使用微细气泡技术已被证实有益于各种农作物生产并吸引了各国的兴趣。该技术在绿叶植物中的应用已很成熟,目前正被扩展应用到其他植物的种子发芽和生长促进上。从世界范围内看,农业领域中微细气泡技术的标准化不但受到关注,而且正在迅速地付诸实践。该项技术有望得到迅猛发展。

除了在农业上,微细气泡技术也在环境科学、食品、水产品、医药等领域得到成功应用。在这些领域,技术标准化正在取得广泛进展。随着该标准化的实现,未来世界各国对微细气泡技术的认可度将会不断提高。

GB/Z 43996《微细气泡技术 农业应用》旨在对微细气泡技术农业应用领域中普遍适用的原则和要求进行标准化,拟由四个部分构成。

- 第 1 部分:评价水培生菜生长促进作用的测试方法。目的在于确立超细气泡水促进水培生菜生长的测试方法。
- 第 2 部分:评价大麦种子发芽促进作用的测试方法。目的在于确立超细气泡水促进大麦种子发芽的测试方法。
- 第 3 部分:促进大麦种子萌发的超细气泡最低数量浓度指南。目的在于明确促进大麦种子发芽的超细气泡最低数量浓度。
- 第 4 部分:评价促进大麦种子发芽的超细气泡数量浓度测试方法。目的在于确立促进大麦种子发芽的超细气泡数量浓度测试方法。

微细气泡技术 农业应用

第2部分：评价大麦种子发芽促进作用的测试方法

1 范围

本文件描述了一种超细气泡水对大麦种子发芽促进作用的测试方法，该水由超细气泡水发生系统产生。该方法的有效性通过测量大麦种子发芽率来评价。

本文件适用于农业应用中评价微细气泡技术对大麦种子发芽促进作用的测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 41914.1 微细气泡技术 微细气泡使用和测量通则 第1部分：术语（GB/T 41914.1—2022，ISO 20480-1:2017，IDT）

GB/T 41914.2 微细气泡技术 微细气泡使用和测量通则 第2部分：微细气泡属性分类（GB/T 41914.2—2022，ISO 20480-2:2018，MOD）

3 术语和定义

GB/T 41914.1 和 GB/T 41914.2 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

发芽 germination

出现至少 1 mm 长度的芽。

[来源：ISO 18763:2016, 3.7, 有修改]

3.2

超细气泡水 ultrafine bubble water

UFB 水 UFB water

含有超细气泡的水。

注：超细气泡已在 GB/T 41914.1 中定义。

3.3

对照水 control water

用来与超细气泡水进行对照的样本水。

3.4

原水 raw water

用于生产微细气泡水并作为参考用的对照水。

3.5

测试水 test water

超细气泡水(3.2)或者对照水(3.3)。

3.6

超细气泡区 UFB section

装有测试大麦种子发芽所需超细气泡水(3.2)的测试烧杯。

3.7

对照区 control section

作为微细气泡区对比的、使用原水(3.4)种植植物的区域。

注：在本文件中，种植的植物是大麦种子。

3.8

发芽率 germination ratio

G

试验期间观察到的已发芽种子数与测试用种子总数的比率。

3.9

超细气泡促进效率 UFB enable efficiency

P

衡量超细气泡在种子发芽期的增益效率的数值。

注： P 由公式(1)定义。

4 测试原理

4.1 测试系统概述

超细气泡水通过供应原水至超细气泡发生系统来生成，超细气泡水应供应至超细气泡区，促进已放入的大麦种子发芽。此外，不含超细气泡的对照原水应直接供应至对照区。生长促进性能测试的构成原理见图 1。

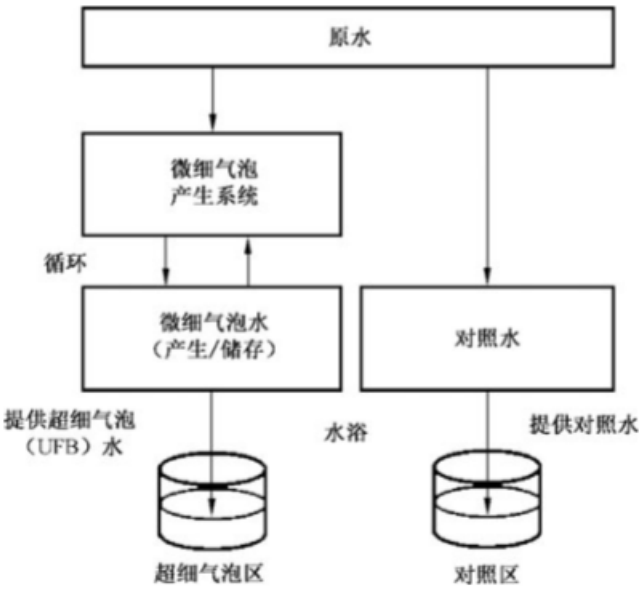


图 1 生长促进性能测试系统示意图

4.2 测试结果评价

发芽率 G 通过计算发芽种子数量与每次测试所用种子的总数之比得到。

假定发芽率的变化是一个特殊的 S 曲线回归函数，并且利用下述的过程推断出与各个区发芽率延迟有关的一个参数 T_{50} ，即发芽率达到最大发芽率 50% 的时间。超细气泡区与对照区 T_{50} 的相对差异

是衡量微气泡增益性能的指标,定义为超细气泡促进效率 P ,并应进行报告。超细气泡促进效率 P 通过公式(1)给定:

$$P = [T_{50}(\text{control}) - T_{50}(\text{UFB})] / T_{50}(\text{control}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P ——超细气泡促进效率, %;

$T_{50}(\text{control})$ ——对照水中种子的 T_{50} ;

$T_{50}(\text{UFB})$ ——超细气泡水中种子的 T_{50} 。

S 曲线回归函数由公式(2)通过使用最小二乘法对所有检验和每个区的样本进行数据拟合得出:

$$G(t_i) = f(t_i, B, G_{\max}, T_{50}) = G_{\max} / \{1 + \exp[B(\lg t_i - \lg T_{50})]\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$G(t_i)$ ——每次检测时观察到的发芽率, %;

t_i ——每次检测的时间;宜使用 $t_{0.1}$ 作为时间零点而不是 t_0 ,以避免 $\lg 0$ 的计算,便于软件进行平滑的数据分析;

B —— T_{50} 时刻曲线的斜率;

G_{\max} ——最大发芽率, %。

附录 A 给出了一个评价实例。

注:一旦种子质量确定,由 T_{50} 正确评价的 P 代表了超细气泡水和超细气泡发生系统所提供的超细气泡促进效果。

5 试验对象

本文件所规定的试验对象为存放在瓶子或其他保存和运输容器中的超细气泡水,以及用于产生超细气泡水的超细气泡发生系统。该超细气泡水应通过向超细气泡发生系统供应原水来生成。应使用电导率 $\leq 0.1 \text{ mS/m}$ (25 °C)、无机碳(TOC)质量浓度 $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ 、锌质量浓度 $\leq 0.5 \text{ }\mu\text{g/L}$ 、氧化硅质量浓度 $\leq 50 \text{ }\mu\text{g/L}$ 、氯离子质量浓度 $\leq 2 \text{ }\mu\text{g/L}$ 和硫酸根离子质量浓度 $\leq 2 \text{ }\mu\text{g/L}$ 的水或更纯的蒸馏水作为原水。

应测量或给出超细气泡水中超细气泡的大小、数量和浓度。

超细气泡发生系统应以相同的方式向各类适合保存和运输的容器提供上述超细气泡水。

6 仪器和试验设备

6.1 用于发芽试验的种子

大麦种子作为发芽试验的种子。大麦种子可从各种来源获得。测试应使用干燥大麦种子,不应用水冲洗。

6.2 超细气泡发生系统和超细气泡水

超细气泡水应通过向超细气泡发生系统供应原水来生成。在本文件中,超细气泡发生系统是指所有能连接在一起并运转的设备,包括微细气泡发生系统、对照水供应系统和超细气泡水供应系统。超细气泡水在使用之前,应保持静止使造成水体白浊的微气泡消失,直到水体变清。

但是,测试之前超细气泡水在瓶子或其他保存和运输容器中最长的储存时间应不超过 48 h。

6.3 测量和观察仪器

宜准备以下仪器:

a) pH 计;

- b) 电导率仪；
- c) 溶解氧 (DO) 仪；
- d) 温度计；
- e) 计时器；
- f) 放大镜。

6.4 烧杯

应准备 4 个容量为 2 L 或更大的玻璃烧杯。应分别将 1.5 L 的超细气泡水和对照水倒入这些烧杯中。使用前,烧杯应使用蒸馏水清洗 3 遍。4 个烧杯应分配如下(见图 3):

- a) 用于对照水(种子浸没)；
- b) 用于超细气泡水(种子浸没)；
- c) 用于对照水(替换用)；
- d) 用于超细气泡水(替换用)。

6.5 恒温水箱

应将 6.4 中制备的 4 个烧杯置于恒温水箱中,该恒温水箱能保证烧杯中测试水温在 20 °C ~ 30 °C 之间恒定。

6.6 塑料网袋

对于试验种子的盛放,应准备 6 个具有特定网孔设计的塑料网袋。这些袋子应确保种子在其中稳定,防止种子的位移或漏失。袋子的网孔大小应既能确保测试水顺畅通过,同时又能防止种子的漏出。宜选择孔径 0.425 mm ~ 1.4 mm 的网袋。

6.7 测试托盘和滤纸

应准备两个托盘,其尺寸足以容纳直径约 185 mm 的滤纸。

在直径为 180 mm 或以上的滤纸上排列种子,便于检查发芽情况。

6.8 检验用的有限样本

按照附录 B 的有限样本进行检验。应由能清楚区分发芽状态的人员使用放大镜和有限样本进行检验。

6.9 测量装置和设备的维护

6.9.1 维护

应定期检查和维持测量装置和设备的性能。

6.9.2 校准

所有仪器应定期进行校准,以保持测量数据的可靠性。

7 测试环境

7.1 温度条件

烧杯中测试水的温度应保持在 20 °C ~ 30 °C。

实验室的气温应保持常温。

将烧杯顶部用塑料盖或者薄膜盖住,防止风、水分蒸发、灰尘侵入等影响。

7.2 待测环境参数

待测环境参数包括：

- a) pH(测试水)；
- b) 电导率(测试水)；
- c) 溶解氧(测试水)。

8 测试流程

8.1 测试周期和检验间隔

测试周期和检验间隔要求如下。

- a) 测试周期应根据种子来源的信息确定。如果无法获得该信息，应进行预测试，以确定测试周期。
- b) 应确定检测间隔，以便在测试期间至少进行 4 次检测。

8.2 选种及装袋

选种及装袋要求如下。

- a) 试验种子应从足够大的种子数量中选择，以确保至少选中 300 粒种子。首先，试验前应清除小种子和异物。然后，应基于以下指标，按照附录 B 的有限样本选择种子：
 - 1) 种子个大且大小一致；
 - 2) 无褐色或黑色变色等，种子颜色均匀；
 - 3) 表面无损伤；
 - 4) 未发芽的种子。
- b) 根据 a) 中的条件选择 300 粒种子。将 300 粒种子分成两大组，每组 150 粒。将第一组放在超细气泡区，将第二组放在对照区。将每组种子分为三小组，每小组 50 粒种子，然后放入塑料网袋中(见图 2)。

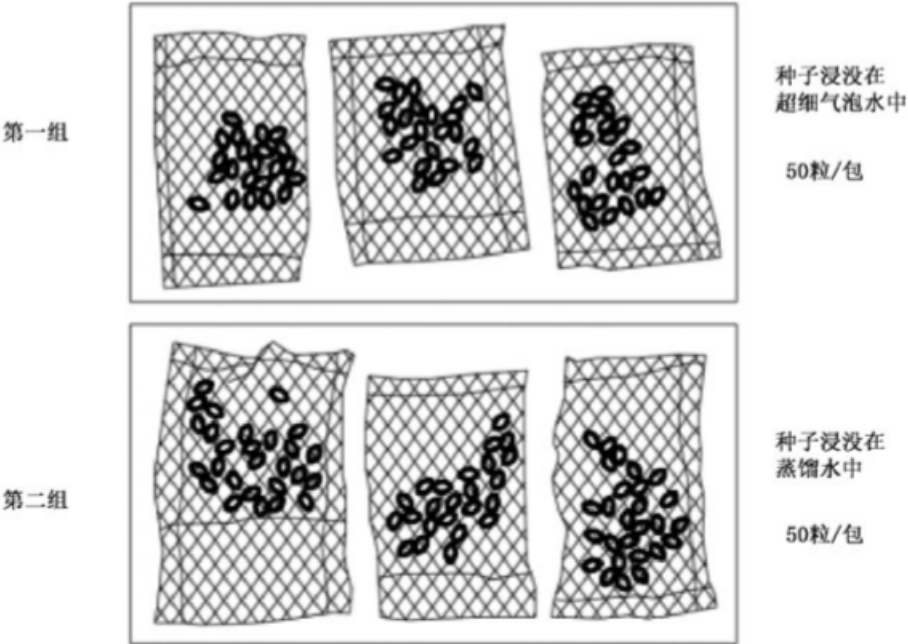


图 2 塑料网袋中的种子——超细气泡水和对照水的使用

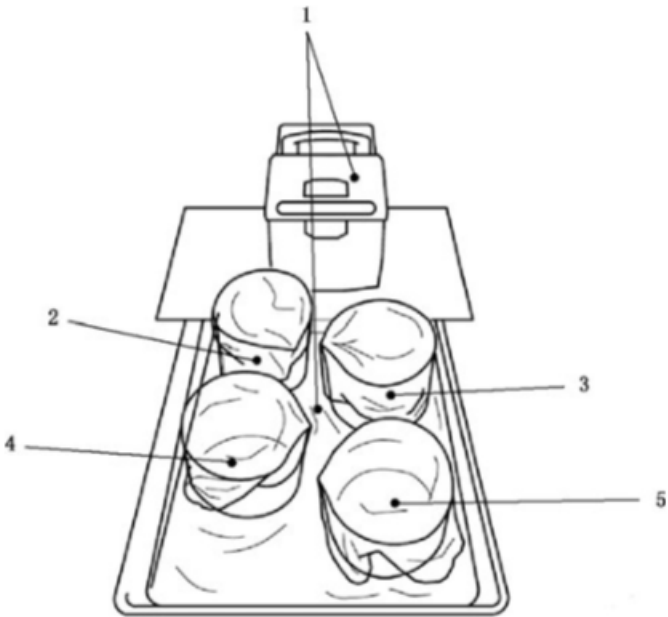
8.3 超细气泡水和对照水的使用

准备 4 个烧杯用于盛超细气泡水(超细气泡区)和对照水(对照区)。应使用其中 2 个烧杯进行测试,并应装有测试水。剩余的 2 个烧杯应装有替换测试水以备用。4 个烧杯应放置在恒温水箱中,恒温水箱中含有大量水,温度恒定保持在 20 ℃~30 ℃,以保持测试水的温度。应提供 2 组各 150 粒种子用于测试。为每粒种子应至少准备 10 mL 测试水,150 粒种子(50 粒种子×3 袋)的总共用水体积为 1.5 L (见图 3)。

操作步骤如下:

- a) 将 8.2 准备的 2 组各 3 袋每袋 50 粒种子浸入各自对应类型的测试水中,并保护它们不受光照;
- b) 每半天 1 次从测试水中取出装有种子的塑料网袋,并用新鲜水替换每种类型的测试水。换水时间不超过 2 min,以确保取出的种子不会干燥。

另外也可给每粒种子提供 20 mL 的测试水。在这种情况下每天应只需更换 1 次测试水(150 粒种子共用 3 L 水)。但是应在确认达到上述 a)中相同的结果后再进行测试。



标引序号说明:

- 1——水浴和温度控制器,温度 25 ℃;
- 2——备用蒸馏水;
- 3——对照水(蒸馏水);
- 4——超细气泡水;
- 5——备用超细气泡水。

图 3 常温水浴中温度可控的试验烧杯(超细气泡水和对照水)

8.4 托盘准备与观察

操作步骤如下:

- a) 将一张直径约 185 mm 的滤纸放在托盘上,用足够的测试水润湿,确保种子不会干燥;
- b) 取下装有种子的塑料网袋,用镊子把袋子里种子按照 5 行 10 列排在滤纸上,便于观察(见图 4);
- c) 每次检查拍照。

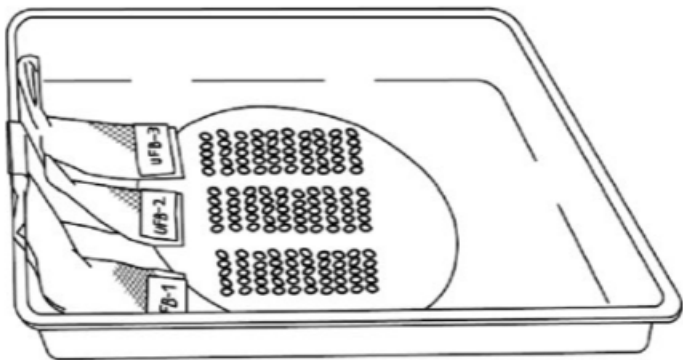


图 4 种子的排列

8.5 检查与记录

操作步骤如下：

- a) 计数发芽的种子，必要时使用放大镜。根据有限样本(见图 B.1)评价种子是否发芽；
- b) 迅速记录已发芽种子的数量后将所有种子放回塑料网袋中，并再次将其浸入测试水中；
- c) 以 6 h~12 h 的适当间隔记录发芽种子的数量并按 8.1 规定的测试周期结束测试；
- d) 计算每袋在各测量时间的发芽率并将结果表示为百分数(%)。用种子数除以 50 计算发芽率并测定 3 个塑料网袋的平均发芽率及标准差。

注：使用质量好的大麦种子，发芽会在 1 d~2 d 内发生。如果种子质量差，发芽则需几天到一周左右。

9 测试报告

测试报告应包括但不限于以下内容：

- a) 检测机构及检测日期；
- b) 本文件编号；
- c) 种子类型：裸大麦；
- d) 测试对象，例如“超细气泡水 A、超细气泡发生系统 B”等；
- e) 当测试超细气泡发生系统时，用户能自行调整操作参数以获得所需超细气泡水；
- f) 测试种子数，每次测试 300 粒；
- g) 环境测试条件，即水温、室温、pH、水电导率、溶解氧、超细气泡浓度值和超细气泡平均数/众数值(后两项数值能根据实际测量或设备供应商提供的信息确定)；
- h) 测试参数，即测试周期、检验间隔、检验次数；
- i) 超细气泡促进效率 P ；
- j) 程序中的任何偏差或观察到的任何异常特征。

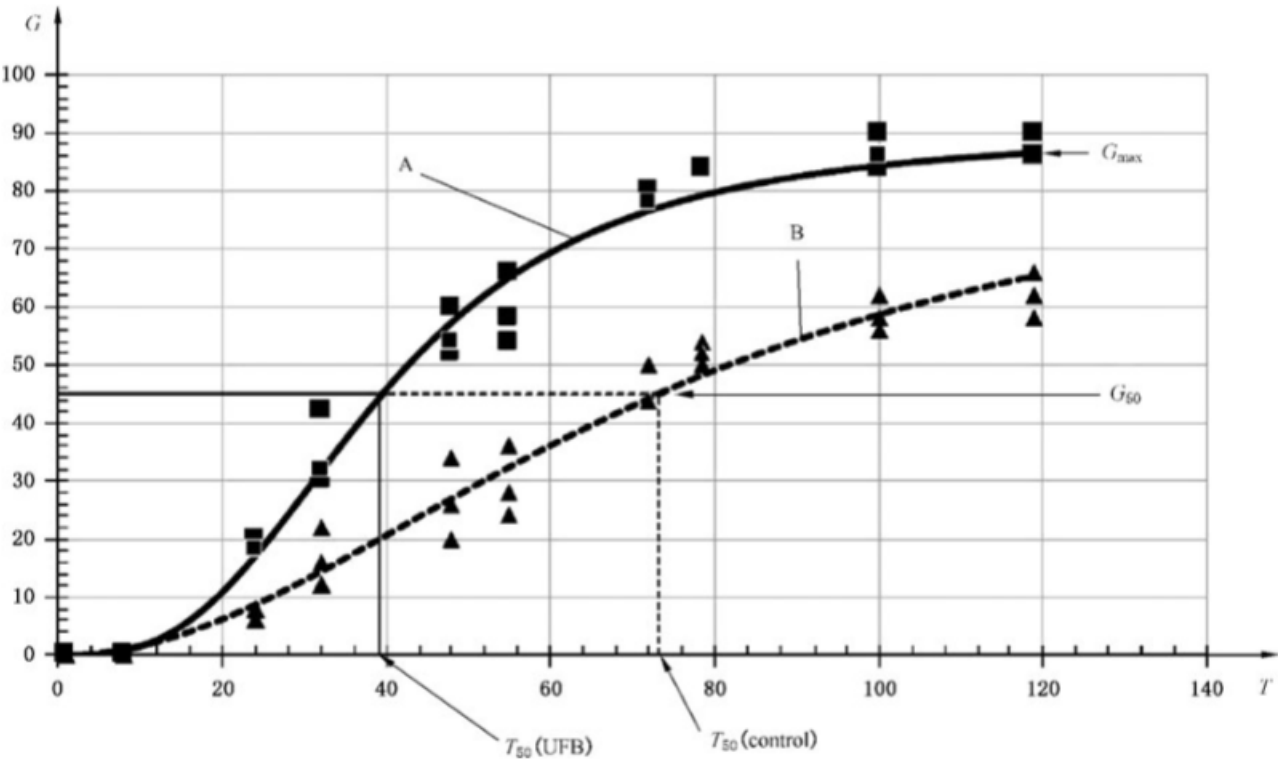
附录 A
(资料性)
实验室测试结果示例

A.1 测试过程

在测试实验室进行的测试过程如本文件所述。

A.2 测试结果

图 A.1 显示了检查中每个检查时间的发芽率的发展情况,并说明了使用超细气泡水能加速发芽。
图 A.1 显示了 S 曲线回归函数的优化结果。各区达到 G_{\max} 50% 时的参数 T_{50} 如下所示:
对照: $73.15\text{ h} \pm 1.66\text{ h}$;
超细气泡: $39.11\text{ h} \pm 0.87\text{ h}$;
 $P = (46 \pm 2)\%$ 。



- 标引序号说明:
- ▲ ——对照区数据;
 - ——超细气泡区数据;
 - T ——测量时间,单位为小时(h);
 - G ——发芽率,%;
 - A ——超细气泡水中种子发芽率的回归曲线;
 - B ——对照水中种子发芽率的回归曲线;
 - G_{\max} ——最大发芽率,%;
 - G_{50} ——最大发芽率的 50%,%;
 - $T_{50}(\text{control})$ ——对照水中种子的 T_{50} ,单位为小时(h);
 - $T_{50}(\text{UFB})$ ——超细气泡水中种子的 T_{50} ,单位为小时(h)。

图 A.1 测试数据的发芽率

附 录 B
(规范性)
大麦种子有限样本

发芽和未发芽大麦种子的测定采用图 B.1 作为有限样本。



标引序号说明：
a —— 发芽种子；
b —— 未发芽种子。

图 B.1 发芽种子和未发芽种子的样本

参 考 文 献

- [1] ISO 18763:2016 Soil quality—Determination of the toxic effects of pollutants on germination and early growth of higher plants.
 - [2] Ritz C., Baty F., Streibig J.C., Gerhard D., Dose-Response Analysis Using R. PLoS ONE. 2015, 10 (12) p.e0146021. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146021>.
 - [3] Ritz C., Pipper C.B., Streibig J.C., Analysis of germination data from agricultural experiments. Eur. J. Agron. 2013, 45 pp.1-6.
 - [4] Ridenour et al., Investigation of Germination and Aging in Moravian Ill Barley Grain by Nuclear Magnetic Resonance. Biophys. J. 1996, 70 (January) pp.511-531.
 - [5] Kaya et al., Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron. 2006, 24 pp.291-295.
 - [6] Groot and Karssen, Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening; a study with gibberellin-deficient mutants. Planta. 1987, 171 pp.525-531.
 - [7] Macchia et al., Methods to overcome seed dormancy in *Echinacea angustifolia* DC. Sci. Hortic. (Amsterdam). 2001, 89 pp.317-324.
 - [8] Ishibashi et al., NADPH Oxidases Act as Key Enzyme on Germination and Seedling Growth in Barley (*Hordeum vulgare* L.). Plant Prod. Sci. 2010, 13 (1) pp.45-52.
 - [9] Liu et al., Effects of nanobubbles on the physicochemical properties of water; The basis for peculiar properties of water containing nanobubbles. Chem. Eng. Sci. 2013, 93 pp.250-256.
 - [10] Liu et al., Oxidative Capacity of Nanobubbles and Its Effect on Seed Germination, ACS Sustainable Chem. Eng. 2016, 4 pp.1347-1353.
-

中 华 人 民 共 和 国
国家标准化指导性技术文件
微细气泡技术 农业应用
第 2 部分：评价大麦种子发芽促进作用的
测试方法

GB/Z 43996.2—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址：www.spc.net.cn

服务热线：400-168-0010

2024 年 4 月第一版

*

书号：155066 · 1-76155

版权专有 侵权必究



GB/Z 43996.2—2024