

微/纳米气泡水中的氧环境对叶菜种子发芽的影响

蒋程瑶¹, 赵淑梅¹, 程燕飞¹, 程彬¹, 计博禹¹, 山口智治²

(1. 中国农业大学 农业部设施农业工程重点实验室, 北京 100083; 2. 筑波大学, 日本 筑波 305-8572)

摘要:以小白菜和生菜为试材, 研究比较了充氧微/纳米气泡水与普通纯净水对叶菜种子发芽的影响。结果表明:在相同条件下, 经溶解氧浓度为 45 mg/L 的充氧微/纳米气泡纯净水处理的叶菜种子发芽率、发芽势及活力指数均比普通纯净水处理的种子有显著提高, 其中发芽速率小白菜提高 14%, 生菜提高 44%; 发芽势小白菜提高 25%, 生菜提高 62%; 活力指数小白菜提高 130%, 生菜提高 135%。充氧微/纳米气泡提高了水中溶解氧的利用效率, 对种子萌发具有促进作用, 有利于缩短叶菜发芽周期和提高发芽品质。

关键词:微/纳米气泡; 叶菜; 种子; 发芽

中图分类号:S 63 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0028-03

微/纳米气泡是指气泡的直径极为细小, 基本处于微米或纳米级别。通常直径小于 50 μm 的气泡被称之为微气泡^[1-2], 而直径小于 1 μm 的气泡则被称之为纳米气泡。这些微小气泡由于比表面积较大, 具有因表面张力作用而使直径不断缩小, 形成更细微气泡, 并最终湮灭溶于水中的特点^[3-5]。同时由于气泡极微细, 在水中上浮速度极缓慢, 存在时间长, 进而提高了所充气体在溶液中的溶解度, 并延长了气体溶解度的维持时间。有关微气泡及微/纳米气泡的探究始于日本, 根据应用领域的不同, 可以充 O_2 、 O_3 及 N_2 等; 目前应用领域已涉及水质净化、水产养殖、医学保健、食品杀菌以及营养液栽培等^[6]。但由于微/纳米气泡技术的研究还处于初始阶段, 有关其特性及其在不同领域的作用效果, 都还有待进一步深入研究。

小白菜与生菜均为人们喜食的叶类蔬菜, 年消费量巨大, 一直是蔬菜生产的重点研究对象。很多研究从气压^[7]、盐胁迫^[8-10]、氮含量^[11-12]、重金属离子^[13-14]等多个角度, 对影响叶菜种子发芽的不同因素进行过探讨, 但是有关充氧微/纳米气泡水对种子发芽的影响及其应用效果还鲜见报道。由于微/纳米气泡水本身所具有的安全、高效的特性, 在现代农业领域应该有着更为广阔的应用前景。鉴于此, 在实验室条件

下, 以白菜和生菜种子为试材, 研究了充氧微/纳米气泡水所形成的氧环境对叶菜种子的发芽势(GE)、发芽率(GP)、芽鲜质量和简化活力指数(VI)的影响, 以期为叶菜生产提供一种安全、有效、经济和环保的新措施, 从而为消费者提供更加安全性、更加优质的蔬菜产品。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为“新一号小白菜”和“美国大速生菜”种子。挑选成熟度好且健康饱满的种子作试材。试验所用的微纳米气泡水发生装置为本洲(北京)纳米科技有限公司生产的“B&W-37 微纳米气泡发生器”, 供氧气设备为冀州市腾达医疗器械厂生产的便携式医用供氧器, 溶解氧测定仪为哈纳·中国-哈纳沃德仪器(北京)有限公司生产的“HI2400 数据型实验室台式溶氧-饱和溶氧-温度测定仪”, 人工气候箱为上海沪沁仪器设备有限公司生产的“RG-250B 型人工气候箱”。

1.2 试验方法

以气流量 1 L/min 对微纳米气泡发生器进行供气, 对 20 L 纯净水进行 8 min 充氧, 由溶氧仪测定其溶氧量为 45 mg/L。每批试验按“微纳米气泡水 20 mL+种子(生菜 50 粒, 小白菜 100 粒^[15])/培养皿”的标准将种子浸泡在培养皿中, 培养皿内铺 3 层中速滤纸, 加盖, 置于无光、25℃、RH 为 50% 的人工气候箱内。每种作物设 3 个平行组, 并以纯净水做相同处理为对照组, 3 次重复试验^[14]。试验设计见表 1。

1.3 项目测定

试验测定的项目为发芽数量和芽鲜质量, 并在此基础上计算各作物发芽率、发芽势和活力指数。发芽数量

第一作者简介:蒋程瑶(1988-), 女, 在读硕士, 研究方向为设施园艺。E-mail: catherinejaing@126.com.

责任作者:赵淑梅(1967-), 女, 博士, 副教授, 现主要从事设施农业生物环境研究工作。E-mail: zhaoshum@cau.edu.cn.

基金项目:中国农业大学研究生科研创新专项资助项目(2012YJ297); 2012 年国家大学生创新实验计划资助项目。

收稿日期:2012-09-19

表 1 供试材料及试验安排

Table 1 Tested materials and the test plan

种类	品种	密度 /粒·皿 ⁻¹	重复数	总数 /粒	计数开始 时间/h	时间间隔 /h
小白菜	“新一号小白菜 F ₁ ”	100	3	600	10	4
生菜	“美国大速生菜”	50	3	300	34	8

的计数是在整个催芽过程中根据各自的发芽特征,小白菜以 4 h 为间隔,生菜以 8 h 为间隔进行统计,直到发芽基本完成为止(试验组与对照组中有一方达到 100%),芽鲜质量在催芽完成后 3 d 进行称量^[15]。发芽率 GP(%)=(发芽种子总数/供试种子总数)×100%;发芽势 GE(%)=(发芽种子最高时段的总发芽数/供试种子总数)×100%;简化活力指数 VI=发芽率×芽鲜重(g)。

1.4 数据分析

将试验所有数据利用 SPSS 软件进行均值处理和回归分析。

2 结果与分析

2.1 微纳米气泡水对叶菜种子发芽速度的影响

由图 1 可知,小白菜试验组和对照组的平均发芽率曲线走势相近,发芽比较均匀,没有出现发芽集中的现象。同一时刻发芽率,试验组比对照组高 15% 左右。发芽试验开始 10 h,试验组发芽率可达 20.3%,对照组为 7.7%;18 h 时,试验组有超过半数的种子已经发芽,而对照组发芽率不到 45%;26 h 试验结束时,试验组发芽完成,对照组仍有近 15% 的种子没有发芽。按照图 1 显示的发芽速度,预计对照组完成出芽时间还需 2 h 左右,即试验组比对照组缩短 2 h 左右。同样,从图 2 可以看出,生菜试验组和对照组的平均发芽率曲线走势也极为相近,2 组都有明显的发芽集中时间段。整个发芽过程中,试验组各时刻发芽率明显高于对照组,且发芽时间显著提前。34 h,试验组发芽率接近 15%,此时对照尚未出芽;50 h,试验组出芽率已经达到 59.8%,而此时对照组刚刚有近 7% 的种子出芽。试验组发芽速度快,发芽集中在浸种后 32~58 h,至 58 h 时,发芽率接近高峰,达到 80%。此后试验组发芽速度放缓,至 88 h 出芽全部完成。对照组发芽过程相对试验组滞后,待其达到发芽集中的高峰时,试验组已基本发芽完成,预计对照组完成发芽,仍需 12~20 h。

2.2 微纳米气泡水对种子发芽效果的影响

发芽势、发芽率、芽鲜重和简化活力指数是评价种子发芽常用的指标,反映了种子发芽速度,发芽整齐度和幼苗健壮的潜势。该试验进一步从发芽势(GE)、发芽率(GP)、芽鲜质量以及简化活力指数(VI)等方面考察充氧微纳米气泡水对各品种种子发芽效果的影响,其结果见表 2。由表 2 可知,不同种类作物的种子萌发过程中,试验组与对照组中各个指标的值之间存在显著差异,不

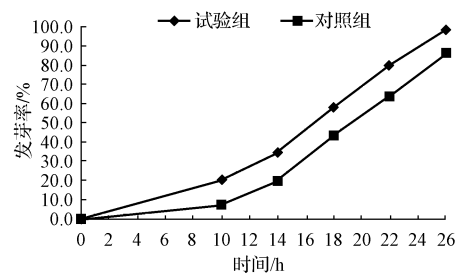


图 1 微纳米气泡水对小白菜种子发芽率的影响

Fig. 1 Effect of micro/nano-bubble water on germination of Chinese cabbage

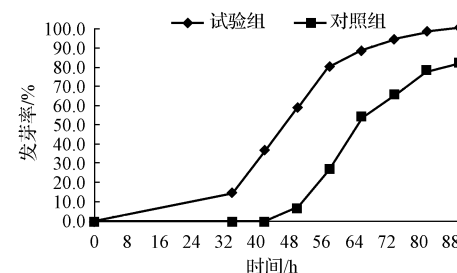


图 2 微纳米气泡水对生菜种子发芽率的影响

Fig. 2 Effect of micro/nano-bubble water on germination of lettuce

封闭差异极明显,且试验组值均高于对照组。小白菜的发芽势与发芽率 2 个指标,试验组值与对照组值之间差异明显。试验组与对照组之比,发芽势 1.25,发芽率为 1.14。单株芽鲜重与活力指数(VI)2 个指标,2 组间差异极明显,各自比值高达 1.98 和 2.30。生菜的试验结果显示,除单株芽鲜重外,其它各项指标均表现为试验组与对照组之间差异都极为显著。同一指标的二者之比,发芽势为 1.63,发芽率为 1.44,单株芽鲜重为 1.19,简化活力指数为 2.28。

表 2 微纳米气泡水对小白菜及生菜种子发芽效果的影响

Table 2 The germination results of Chinese cabbage and lettuce

种类	处理	GE(22 h/66 h) / %	GP(26 h/82 h) / %	单株芽鲜重量 / mg	VI / g
小白菜	试验组	79.7b A	98.0b A	0.267a A	2.67a A
	对照组	63.7a A	85.7a A	0.135b B	1.16b A
生菜	试验组	88a B	94.6b A	0.497a A	4.70b A
	对照组	54b A	65.5a B	0.416b A	2.06a B

注: * 采用 Duncan 新复极差法检验,不同大小写字母分别表示显著性水平 0.01 及 0.05。

3 讨论

种子萌发期是植物个体发育的重要阶段,其良好程度直接影响植物的后期生长发育和产量形成。水是种子萌发的必要条件,种子吸水萌发,而充足的氧气接触是保证种子能够顺利进行有氧呼吸,产生萌发所需能量的前提。试验采用水中充入纯氧的微纳米气泡的方式,能使水中溶氧量达到 45 mg/L,是对应条件下,普通水中

饱和溶解氧的 5~6 倍,证明了采用超小气泡对溶液进行充气,能提高气体在溶液中的溶解度。该试验结果表明,微纳米气泡水对于叶菜种子的发芽势、芽鲜重以及活力指数均有不同程度的促进作用,综合来看,对促进种子萌发效果显著。充氧微纳米气泡水对促进种子萌发具有显著效果的机理还没有开展研究,但是根据相关文献,水分、温度、氧气等均是影响种子萌发的重要环境因素^[16-17],其中发芽过程中增加种子的氧气接触量,可以使细胞内乙醇酸脱氢酶及乳酸脱氢酶等无氧呼吸酶活性受抑制,产生乙酸等的毒性物质可能性降低,能避免种子因缺氧无氧呼吸而产生有害中间物质导致“烂种、烂芽”的现象,进而保证种子发芽率^[16,18]。另外,各种溶解在溶液中的离子是种子生命活动所需的各种物质的合成原料。离子通过主动运输,进入细胞内需要消耗能量。溶液中氧气增多,有利于促进种子有氧呼吸产生更多能量,供给主动运输,进而促进离子进入细胞内合成其他代谢所需的物质,加速种子萌发过程。这很可能也是试验中微纳米气泡水对 2 种叶菜种子发芽速度及效果方面产生促进作用的主要原因。由于条件所限,该试验未能测量种子萌发过程中电导率、吸水率、胚芽活性等指标,无法就微纳米气泡与种皮细胞,及细胞内物质活性的相关作用与关系,暂时无法阐明其对于种子萌发产生促进作用的更深层的机理,这些都有待于今后进一步研究探讨。

参考文献

[1] 中野明正,大木浩,池部徹男,等. マイクロバブルによる酸素富加が溶液栽培したネギの生育と養分吸収に与える影響[J]. 根の研究, 2009,18(2):49-54.

- [2] 川村邦明,マイクロ・ナノバブル技術研究組合について[J]. 食品と開発,2010,45(7):4-5.
- [3] 高桥正好. 機能水の研究とその利用食品工業におけるマイクロバブルの可能性[J]. 食品工囊(特集),2002:26-34.
- [4] Liu S h, Wang Q, Ma H, et al. Effect of micro-bubbles on coagulation flotation process of dyeing wastewater [J]. Separation and Purification Technology, 2010, 71:337-346.
- [5] Marui T. An introduction to micro/nano-bubbles and their applications [C]. The 14th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, 2010.
- [6] 大成博文. マイクロバブルのすべて[M]. 東京:株式会社日本実業出版社,2006:23-60.
- [7] 王敏,陈青云,陈光良,等. 大气压等离子体处理对生菜种子萌发和生长发育的影响[J]. 华北农学报,2007(6):108-113.
- [8] 徐卫红,徐秀芳. Na_2CO_3 胁迫对生菜种子萌发的影响[J]. 上饶师范学院学报,2011(6):59-61.
- [9] 原红娟,陈丽. 盐胁迫对几种叶菜生理生化指标的影响[J]. 北方园艺,2011(24):52-54.
- [10] 梁勇,卜崇兴,郭世荣,等. 不同浓度海水对水培生菜生长和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2007(3):95-97.
- [11] 许鸿源,刘超,周凤珏,等. 有机无机复合肥和无机复合肥对生菜生长及品质的影响[J]. 现代农业科技,2009(15):71-72.
- [12] 王华静,吴良欢,陶勤南. 氨基酸部分取代硝态氮对小白菜硝酸盐累积的影响[J]. 中国环境科学,2004(1):19-23.
- [13] 任立研,胡忠俊,邓晓玫,等. 铬污染对三种常见蔬菜种子萌发和生长的影响[J]. 大众科技,2011(12):152-155.
- [14] 李德明,贺立红,朱祝军. 几种重金属离子对小白菜种子萌发及生理活性的影响[J]. 种子,2005(6):27-29.
- [15] 刘子凡. 种子学实验指南[M]. 北京:化学工业出版社,2010:74-80.
- [16] 鱼小军,师尚礼,龙瑞军,等. 生态条件对种子萌发影响研究进展[J]. 草业科学,2006(10):44-47.
- [17] 颜启传. 种子学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [18] 韩建国. 实用牧草种子学[M]. 北京:中国农业大学出版社,1997.

Effect of Oxygen Condition in Micro/nano-bubble Water on Leafy Vegetables Seed Germination

JIANG Cheng-yao¹, ZHAO Shu-mei¹, CHENG Yan-fei¹, CHENG Bin¹, JI Bo-yu¹, YAMAGUCHI Tomoharu²

(1. Key Laboratory of Agricultural Engineering in Structure and Environment, China Agricultural University, Beijing 100083; 2. University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572)

Abstract: Taking the Chinese cabbage and lettuce as test materials, the effect of oxygenated micro/nano-bubble water on leafy vegetables seed germination were studied. The results showed that under the same optimal seeding environmental conditions in which both common water and oxygenated micro/nano-bubble water were applied, compared with seeds soaked in the common water, the evaluation indexes including germination percentage (in short as GP), germination energy (in short as GE) and vigor index (in short as VI) of seeds soaked in the oxygenated micro/nano-bubble water of 45 mg/L dissolved oxygen, had been significantly improved. The increased part of GP in Chinese cabbage was 14% and in lettuce was 44%. The GE improved 25% in Chinese cabbage, and 62% in lettuce. The VI in Chinese cabbage enhanced 130%, meanwhile it achieved 135% in lettuce. The oxygenated micro/nano-bubble enhanced the utilizing efficiency of dissolved oxygen, and proved that this kind of water had promoted seeds germination which contributed to shorten the breeding pregermination cycle.

Key words: micro/nano-bubble; leafy vegetables; seed; germination