

超声辐照对绿豆种子萌发影响的研究

王泽龙, 李宝宝, 奚小明, 何焰蓝
(国防科技大学理学院, 长沙 410073)

摘要: 利用超声波辐照绿豆种子, 对种子进行发芽速度与发芽质量的测定。结果表明, 超声辐照对绿豆种子萌发的影响不仅与辐照频率、辐照时间有关, 而且与辐照后的放置时间、辐照次数有重要关系; 不同辐照频率、不同辐照时间对绿豆种子的萌发有不同程度的促进作用, 而且辐照后的放置时间越短、辐照次数越多(在一定程度下), 发芽质量越高。

关键词: 超声辐照; 种子萌发; 保留效应; 累积效应

中图分类号: S522.04 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2008)01-0047-03

Influence of Ultrasonic Irradiation on the Germination of Green Lentil Seeds

WANG Ze-long LI Bao-bao XI Xiao-ming, HE Yan-lan
(College of Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

Abstract: The determination of seed germination rate and germination quality was conducted under the condition of ultrasonic irradiation. The results indicated the effect of ultrasound irradiation on the seed not only related with irradiation frequency, irradiation time, but also close related with standing time after irradiation and irradiation times. In the certain extent, the shorter standing time and the more times of irradiation, the higher quality of germination.

Key words: ultrasound; germination of seeds; reserve effects; accumulative effects

种子萌发在农业生产、花卉繁殖以及中药材种植等方面占有举足轻重的地位。但是种子萌发时存在发芽率低、萌发时间长、种子易霉变等问题。因此研究超声辐照对种子发芽的影响规律及作用机理,

收稿日期: 2007-08-08
第一作者简介: 王泽龙(1985-), 男, 河北博野人, 学士, 从事数学与应用数学研究。 Tel: 13787020854 E-mail: wzl198527@163.com.

3 结论与讨论

3.1 通过小区试验与大面积示范, 建立合丰 42 大豆高产优质 45 cm 小垄窄行密植栽培技术体系, 2002~2006 年 5 年 13 点均较三垄栽培增产。可见, 合丰 42 是含有美国矮秆基因适宜窄行密植的半矮秆、早熟、高油、高产大豆品种。

3.2 合丰 42 大豆高产优质 45 cm 小垄窄行密植栽培技术体系是在三垄栽培的基础上缩行增密的一种栽培方法, 是多种单项栽培技术综合组装配套而成, 实施要求机械化程度高, 栽培管理科技含量高, 应加大技术培训力度, 让生产者熟练掌握技术规程。

3.3 合丰 42 大豆高产优质 45 cm 小垄窄行密植栽培技术体系在小区研究与大面积示范中存在着不同, 小区试验是在中等肥力条件下进行, 而生产中土壤的肥力条件有很大差异, 这要求根据实际情况适当调整栽培技术体系中的关键技术指标。如: 在中

等肥力条件下, 合丰 42 密度为 45~50 株·m⁻², 在肥沃的土壤条件下, 一般密度为 40 株·m⁻²; 化肥的施用量在肥沃的土壤条件下也应发生变化, 适当减少尿素的量, 增施钾肥。

3.4 合丰 42 大豆高产优质 45 cm 小垄窄行密植栽培技术体系的各项技术环节中, 播种和病虫草害防治是关键技术。窄行密植增产的重要原理之一是个体均匀分布, 行成一个合理利用光能和充分利用土壤养分的群体结构^[1]。这就要求播种质量要高, 机械作业质量要高, 达到良好的播种状态; 另外, 窄行密植栽培群体密度大, 后期田间机械无法作业, 病虫草害一旦发生很难防治, 所以应做好预防工作。

参考文献:

[1] 胡喜平. 合丰 42 大豆优质、高产栽培技术的研究[J]. 大豆科学, 2005, 24(1): 48-51.

[2] 何志鸿, 杨庆凯, 刘忠堂. 大豆窄行密植高产栽培技术[M]. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 2002.

可以最大限度地缩短种子发芽时间、提高种子发芽率、增强种子的抗菌性,充分发挥超声在这一方面的优势——操作简单、污染小、生物效应明显。

1 机理

由于超声波具有方向性好、穿透能力强、在媒质中传播时能与媒介产生巨大作用力的特点,所以它能对生物有机体产生机械效应、空化效应等生物学效应,进而导致生物有机体内有机大分子的降解、各种膜体的通透性增强、OH 自由基等产生,这些都促进了生物有机体内各种生化反应的进行。

1.1 机械效应

在多相体系中,超声波的高频性可使在波场中的质点产生很大的瞬时速度和加速度,引起剧烈的振动^[1],这种剧烈的振动在宏观上表现出强大的力学剪切力,会使有机大分子主链上碳键产生断裂,从而起到降解高分子的作用。另一方面,超声振动可引起组织细胞内物质运动,使细胞液流动、细胞震荡、旋转、摩擦,可以增强细胞内膜体的通透性,刺激细胞半透膜的弥散过程,促进新陈代谢。

1.2 空化效应

超声空化为生化反应创造了一个极端的物理化学环境。它能够多种形式的能量,如光化学、声化学、等离子化学、火焰化学、热化学及压力化学能等^[2]。在空化作用下产生的高温高压条件足以打开结合力强的化学键,并促进水相燃烧反应,使水裂解产生 OH 自由基以及更复杂的自由基。

自由基含有未配对电子,所以其性质活泼,很容易进一步反应变成生化反应的中间产物,提高反应速率。

2 实验方法

2.1 将粒大饱满的绿豆种子,分成若干组,每组 20 粒,取绿豆种子平铺于辐照平台上,使超声发生器的发射端正对种子(频率 20~40 kHz,发射强度 10 W,发射端半径 2 cm)。这样种子在波场之中接受均匀辐照,其中辐照介质为空气(见图 1)。

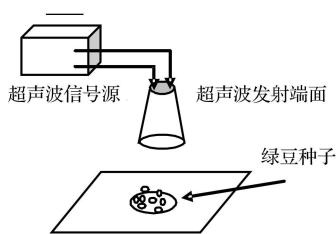


图 1 超声辐照示意图

2.2 将 6 组绿豆种子分别放入 6 只培养器皿中,编为 A1~A6 号。其中 A1 号为对照组,用发射强度一定、频率分别为 20、25、30、35、40 kHz 的超声波辐照 A2~A6 器皿 5 min。调节好绿豆种子发芽所

需的外部环境,如温度(15℃)、水分等。测定种子的发芽时间与发芽率(发芽种子的数目/20×100%)。

2.3 取 6 只培养器皿,编为 B1~B6 号。其中 B1 号为对照组, B2~B6 号为实验组。取 6 组绿豆种子,分别用发射强度 $P=10\text{ W}$ 、频率为 25 kHz 的超声波辐照 0、3、6、9、12、15 min。将 6 组种子分别放入 B1~B6 号培养器皿中在相同的环境中培养。

2.4 取 6 只培养器皿,编为 C1~C6 号。其中 C1 号为对照组, C2~C6 号为实验组。取 6 组绿豆种子,分别用发射 $P=10\text{ W}$ 、频率为 25 kHz 的超声波辐照 6 min。之后分别在空气中放置 0、1、2、3、4、5 d。将 6 组种子分别放入 C1~C6 号培养器皿中在相同的环境中培养。

2.5 取 6 只培养器皿,编为 D1~D6 号。其中 D1 号为对照组, D2~D6 号为实验组。取 6 组绿豆种子,分别用发射强度 $P=10\text{ W}$ 、频率为 25 kHz 的超声波辐照 10 min。之后每隔 1 d 再次辐照一次叫做累积一次,对 6 组种子分别累积 0、1、2、3、4、5 次。将 6 组种子分别放入 D1~D6 号培养器皿中在相同的环境中培养,测量种子的发芽时间与发芽率。

3 结果与分析

3.1 超声辐照与频率之间的关系

在通常条件下,绿豆种子内膜体的膜脂分子会以每秒 2 个 nm 的速度作侧向运动。当其处于低频超声声场中时,超声波的机械作用会使膜脂分子的侧向运动得到加强,有利于 H_2O 、 O_2 等小分子通过(自由扩散)^[3];同时,镶嵌或贯穿于磷脂双分子层中的脂蛋白接受波场中的能量,提高自身的生物活性,有利于 K^+ 、 Na^+ 等离子通过(主动运输)。但是,随着超声波频率的增加,膜体的通透性会进一步提高。当其通透性达到一定程度时便会破坏膜体的半透性,导致细胞内外细胞液的浓度发生变化,以致组织内外的渗透压的不平衡^[4]。这时,绿豆种子内的生化反应便会发生紊乱,同时浪费一定的能量,降低了种子的萌发速度。表 1 的实验数据恰好反映了这一情况。用低频超声波辐照时,种子的发芽时间开始缩短,发芽率提高;当频率增加到 25 kHz 时种子的发芽时间与发芽率都达到了峰值。在峰值处,种子的发芽时间缩短 29.1%,发芽率提高 11.1%;当频率超过 40 kHz 时,对种子产生抑制作用。

3.2 超声辐照与辐照时间之间的关系

在超声波的空化作用下,绿豆种子内的细胞处于一个极端的物理环境。超声空化创造的条件足以打开结合力强的化学键(约 $377\sim418\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)并

促进水相燃烧反应^[5]。气泡崩灭瞬间, 虽然时间不超过 100 ns, 但足以使 H₂O 分子(水分子中 O—H 键能为 500 kJ·mol⁻¹)分解为 $\cdot\text{H}$ 和 $\cdot\text{OH}$ 自由基, 两者又可结合生成 H₂O₂, 即:



表 1 不同辐照频率下绿豆种子的发芽时间与发芽率

组别	A1	A2	A3	A4	A5	A6
辐照频率/kHz	0	20	25	30	35	40
发芽时间/h	55.0	44.5	39.0	42.5	50.5	61.0
发芽率/%	85	90	100	100	95	80

随后这些自由基会互相发生结合, 生成 H₂O₂、O₂· $\cdot\text{O}$ ·、 $\cdot\text{HO}_2$ 等一系列含有未配对电子的自由基, 其性质活泼, 很容易组织内的多糖、蛋白质等营养物质反应变成整个生化反应的中间产物^[6], 进而促进了种子萌发。然而, 当自由基的数量大到一定程度时, 其具有的较强氧化性会对细胞的结构与功能造成损害, 以致影响了发芽时间(见表 2)。例如, 自由基会使细胞内脂质过氧化, 造成蛋白质交联、酶失活、DNA 碱基变性以致细胞坏死。

表 2 不同辐照时间下绿豆种子的发芽时间与发芽率

组别	B1	B2	B3	B4	B5	B6
辐照时间/min	0	3	6	9	12	15
发芽时间/h	54.5	47.0	37.5	42.0	49.5	58.5
发芽率/%	90	100	100	95	90	90

3.3 超声辐照对种子的保留效应

由表 3 的实验数据可知, 当以最佳频率的超声、以最佳作用时间辐照种子后, 放置不同的时间会对种子的萌发产生不同的影响。当放置时间不超过 3 d 时, 种子萌发的质量与未放置相差无几; 但放置时间超过 3 d 时, 种子萌发的质量呈下降趋势。产生这一现象的原因可能是受辐照的种子内的膜体的通透性、酶的活性、自由基的数量等在一定时间内能维持在一定的水平, 使得种子萌发的质量保持在较高的水平^[7]; 在一定时间后, 它们便恢复到通常水平, 使超声辐照的效果变得不明显。

表 3 不同放置时间下绿豆种子的发芽时间与发芽率

组号	C1	C2	C3	C4	C5	C6
放置时间/d	0	1	2	3	4	5
发芽时间/h	37.0	37.5	38.0	42.0	49.5	58.0
发芽率/%	100	100	100	95	90	85

表 4 不同累积辐照次数下绿豆种子的发芽时间与发芽率

组号	D1	D2	D3	D4	D5	D6
辐照次数	0	1	2	3	4	5
发芽时间/h	38.0	35.5	34.0	34.5	34.0	34.5
发芽率/%	100	100	100	100	100	100

3.4 超声辐照对种子的累积效应

表 4 表明, 累积辐照能在更大程度上提高种子的萌发质量。种子内的膜体的通透性、酶的活性、自由基的数量等经过多次辐照后在原有水平上得到巩固甚至提高, 更好地缩短了种子的发芽时间, 提高发芽率。然而, 生物体内的生化反应速率不可能无限大, 当累积次数达到 3 时, 种子的发芽质量达到最好, 超过 3 次时趋于稳定。

4 结语

超声辐照对绿豆种子萌发的影响不仅与辐照频率、辐照时间有关, 而且与辐照后的放置时间、辐照次数有重要关系; 不同辐照频率、不同辐照时间对绿豆种子的萌发有不同程度的促进作用, 而且辐照后的放置时间越短、辐照次数越多(在一定程度下)发芽质量越高。超声辐照种子的研究在理论基础、不同功率辐照以及对其它种子的辐照等方面有待继续深入进行, 以便为超声的应用打下坚实的基础。

参考文献:

[1] 冯若. 超声手册(Ultrasonics handbook)[M]. 南京: 南京大学出版社, 1999.

[2] 上海市声学学会. 超声物理: 译文集[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1981.

[3] 林书玉. 医学超声治疗技术研究及其应用[J]. 陕西师范大学学报, 2004, 32(2): 117.

[4] 张辉, 钟博, 邓玉福. 生命单元表面行为的物理表征[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[5] 李丹阳, 陈刚, 张光明. 超声波预处理污泥研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003 (8): 70-72.

[6] 周永昌, 郭万学. 超声医学[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2006.

[7] 翟中和, 王喜中, 丁明孝. 细胞生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

