

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.S2.047

冷等离子体处理对小麦幼苗特性的影响*

邵长勇^{1,2} 尤 泳¹ 王光辉¹ 刘亮东¹ 方宪法³ 王德成⁴

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 山东省种子有限公司 济南 250100;
3. 中国农业机械化科学研究院, 北京 100083; 4. 中国农业大学农业部土壤-机器-植物系统技术重点实验室, 北京 100083)

摘要: 运用冷等离子体种子处理技术对小麦种子进行小于 20 s 非电离辐射处理, 研究该技术对小麦种子发芽情况和幼苗特性的影响。利用不同剂量的冷等离子体处理小麦种子, 经过发芽试验和大田种植数据分析表明, 经不同剂量冷等离子体处理后, 种子的发芽势、发芽率有明显变化。冷等离子体处理后放置 45 d 进行发芽试验, 当处理功率为 80 W 时, 种子的发芽势、发芽率分别比对照提高 11.25% 和 5.56%, 起身期田间植株干、鲜质量分别比对照提高 13.02% 和 6.00%, 起身期田间根长比对照提高 15.20%, 田间最大分蘖数比对照提高 38.46%, 试验结果表明 80 W 是最佳处理功率。

关键词: 冷等离子体 小麦种子 幼苗特性

中图分类号: O539; S512.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)S2-0251-05

Effects of Low-temperature Plasma on Characteristics of Wheat Seedling

Shao Changyong^{1,2} You Yong¹ Wang Guanghui¹ Liu Liangdong¹ Fang Xianfa³ Wang Decheng⁴

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China
2. Shandong Province Seeds Group Co., Ltd., Ji'nan 250100, China
3. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China
4. Key Lab of Soil—Machine—Plant System of Chinese Agriculture Ministry, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The non-ionizing radiation processing with 20 s was treated on wheat seeds by using low-temperature plasma (LTP). The effect of the proposed technology on seed germination and seedling growth was analyzed. The effects of different intensities of LTP on wheat seeds (45 d after treated by LTP) were investigated to determine the optimal conditions. The germination energy and germination rate were obtained. Also, the samples were sowed in field to investigate the characteristics of seeds. The results showed that the germination energy and germination rate increased by 11.25% and 5.56% respectively for the treatment intensity of 80 W. The green weight, dry weight, root length and maximum tillers of seeds in double ridge stage were increased by 13.02%, 6.00%, 15.20%, and 38.46% compared with contrast.

Key words: Low-temperature plasma Wheat seeds Characteristics of seeds

引言

从 20 世纪 70 年代开始, 国外科研人员就开始研究现代物理农业工程的单项技术, 低温等离子种

子处理是俄罗斯科学家发明的一种种子处理新技术^[1]。该技术在俄罗斯及独联体国家已有一定的应用, 中小型工厂化低温等离子种子处理企业已经出现^[2]。美国、加拿大等国家也有这方面的报

收稿日期: 2013-05-27 修回日期: 2013-07-12

* 中国农业大学基本科研业务费专项资金资助项目(2013QJ019)

作者简介: 邵长勇, 博士后, 山东省种子有限责任公司研究员, 主要从事种子工程技术研究, E-mail: shaochangyong@cau.edu.cn

通讯作者: 王德成, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械化工程研究, E-mail: wdc@cau.edu.cn

道^[3]。日本的研究发现,低温等离子有助于种子早发芽,促使作物提早成熟,经过低温等离子处理的种子可增加开花数量,提高作物产量^[4]。目前国外研究证明,低温等离子处理不仅具有电离辐射的能量作用过程,而且还具有质量沉积效应和电荷交换作用。通过等离子束对种子的照射,可以激活种子胚内生命物质,并使种皮相对软化,加快种子萌发和出苗的速度,可表现出一定的增产效果,同时起到抗旱防病等作用^[5-10]。目前,关于小麦种子处理的国内研究主要在射频、盐胁迫、水分胁迫、电场、电感耦合等种子处理上^[11-17],尚未见用冷等离子体处理小麦种子对于幼苗特性影响的报道。本文利用冷等离子体种子机,在真空密闭、充入氦气等模拟太空环境下处理小麦种子,通过分析小麦种子的发芽势和发芽率,起身期田间植株干、鲜质量、株高、根长以及田间最大分蘖数的变化,旨在探讨冷等离子体对小麦种子的作用效果。

1 材料与方法

1.1 试验装置与试验材料

1.1.1 试验装置

利用 HL-2N 型冷等离子体种子处理机处理种子^[18]。该装置在模拟真空状态下进行密闭操作,适用于对作物种子进行等离子体激活处理,可以连续操作,连续加工,种子处理量大。图 1 为冷等离子体装置简图。

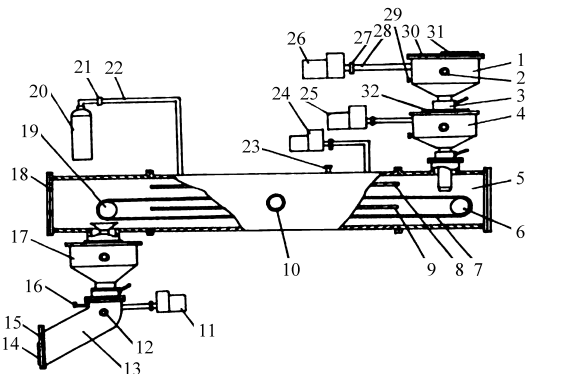


图 1 冷等离子体装置简图

Fig. 1 Device diagram of low-temperature plasma

1. 料室 I 2. 视镜窗 I 3. 蝶阀 4. 料室 II 5. 料室 III 6. 被动轮 7. 传送带 8. 上极板 9. 下极板 10. 视镜窗 II 11. 真空泵 I 12. 视镜窗 III 13. 料室 IV 14. 出料盖 15. 热偶规管 I 16. 放气阀 I 17. 料室 V 18. 热偶规管 II 19. 主动轮 20. 气罐 21. 气体给定阀 22. 进气管 23. 放气阀 II 24. 真空泵 II 25. 真空泵 III 26. 真空泵 IV 27. 电磁放气阀 28. 真空管 29. 放气阀 III 30. 热偶规管 III 31. 进料盖 32. 热偶规管 IV

具体操作过程是:将待加工种子装在真空料室 I 中,启动各真空泵抽真空达到工作真空度,

开蝶阀,极板起辉,产生等离子体,启动驱动电动机,主动轮旋转,传送带工作,开始加工处理种子。料室 III 也称为真空工作室,是在真空状态下对种子进行等离子体激活处理的地方。种子在料室 III 等离子体环境中保持 20 s。由于料室 I、II、III、IV 相互之间通过蝶阀隔开,因此种子可以在工作状态下依次进入料室 I、II、III、IV 进行连续工作。

HL-2N 型冷等离子体种子处理机的作用机理是通过气体放电使气体电离,气体放电时,气体分子和原子吸取外界的能量而被分解和电离,成为带负电的电子和带正电的离子,形成等离子体。当种子通过等离子体辉光放电区时受到光的作用,光与种子表层相互作用时光被吸收和散射,吸收的部分能量迫使电子产生振动而转化为热能,当物质分子吸收了光子,其电子会从较低能态(基态)跃迁到较高能态(激发态),使分子吸收能量而引起能级跃迁,即由基态跃迁到激发态能级,物质的能态跃迁使种子增强生命活力。

1.1.2 试验材料

以山东农业大学选育的山农 12 号小麦种子为试验材料。

1.2 试验设计

1.2.1 试验介质

本试验装置抽成真空后,注入适量氦气,用氦气作为介质进行种子处理。氦气为无色,无味,不燃烧的惰性压缩气体。氦气的导电性是空气的 75 倍,透射力强,在大气压下气隙距离为 2~8 mm 氦气、氖气可很容易实现稳定的均匀放电,并且其放电模式为辉光放电^[13],被广泛应用于等离子体和激光器等。因此,本试验在真空工作室中充入氦气作为介质,实现稳定均匀放电。

1.2.2 种子处理

选择籽粒饱满、大小均匀(千粒质量 45 g 左右)的山农 12 号小麦种子,由冷等离子体处理设备设置不同参数进行处理,种子处理时间为 20 s。分别设置处理功率为 0、80 和 100 W 的冷等离子体处理种子,每个处理均为 1 kg 种子。

1.2.3 发芽试验

小麦种子经冷离子体处理后放置 45 d,按《农作物种子检验规程——发芽试验》(GB/T 3543.4—1995)规程做发芽试验。对照和每个处理均设 4 个重复,每个重复 100 粒,分别摆在水分适宜的沙床内,然后放入 20℃ 光照培养箱内。初次计数(发芽势)为第 4 天,末次计数(发芽率)为第 8 天,记录发芽结果。

1.2.4 发芽势、发芽率的测定

萌发结束后计算发芽势和发芽率。从发芽试验第 1 天开始统计,每天观察并记载发芽数,统计发芽率和发芽势,以胚根长达到种子长度的 1/2 时为发芽,以具明显胚芽鞘及胚根作为发芽标准。

发芽势是指种子发芽初期在规定时间内能正常发芽的种子粒数占供检种子粒数的百分率,是判断田间出苗率的指标,小麦种子的发芽势以发芽第 4 天开始初次计数的发芽数来计算;发芽率是指种子发芽终止在规定时间内全部正常发芽种子粒数占供检种子粒数的百分率,用以判断田间出苗率,小麦种子的发芽率以发芽第 8 天开始末次计数的发芽数来计算。

1.2.5 大田种植苗期生物性状调查试验设计

试验共 3 个处理,每个处理为 10 000 粒,按大田正常播种深度播种,种子、土壤不作其他处理。在次年幼苗返青至起身期进行田间长势调查,每个处理取 100 株长势均匀幼苗,测定株高、根长、鲜质量、干质量和分蘖数,比较不同处理功率下各项指标差异。

1.2.6 发芽势、发芽率计算方法

按照国家标准,试验结果以粒数的百分率表示,每个重复以 100 粒计,相邻的副重复合并成 100 粒的重复,最大容许误差为 8%。当一个试验的 4 次重复的正常幼苗百分率都在最大容许误差内,则将其平均数表示为发芽百分率。不正常幼苗、硬实、新鲜不发芽种子和死种子的百分率按 4 次重复平均数计算。

发芽势为

$$G_R = \frac{n}{N} \times 100\%$$

式中 N ——种子总数

n ——第 4 天种子正常发芽数

发芽率为

$$G_{R_1} = \frac{n_1}{N} \times 100\%$$

式中 n_1 ——第 8 天种子正常发芽数

2 结果与分析

2.1 发芽势

不同处理功率冷等离子体处理的小麦种子发芽势如表 1 所示。处理功率为 80 W 的 4 个重复的发芽个数分别为 90、89、88 和 89,平均发芽势为 89%;处理功率为 100 W 的 4 个重复的发芽个数分别是 86、87、86 和 85,平均发芽势为 86%;对照处理的 4 个重复的发芽个数分别是 81、80、79 和 79,平均发芽势为 80%。

表 1 冷等离子体处理后发芽势指标

Tab.1 Germination energy of wheat seeds stimulated by low-temperature plasma

处理功率/W	处理种子发芽势/%	与对照相比增减/%
0	80	0
80	89	11.25
100	86	7.5

从表 1 可看出,不同处理功率冷等离子处理小麦种子,处理后放置 45 d 的发芽势与对照相比均有明显改变。试验结果表明,当处理功率为 80 W 时,发芽势比对照高出 11.25%;当处理功率为 100 W 时,发芽势比对照高出 7.5%。因此,最佳发芽势的处理功率为 80 W。

2.2 发芽率

不同处理功率冷等离子体处理的小麦种子发芽率如表 2 所示。处理功率为 80 W 的 4 个重复的发芽个数分别为 96、97、95 和 92,平均发芽率为 95%;处理功率为 100 W 的 4 个重复的发芽个数分别是 94、95、93 和 90,平均发芽率为 93%;对照处理的 4 个重复的发芽个数分别是 91、90、89 和 90,平均发芽率为 90%。

表 2 冷等离子体处理后发芽率指标

Tab.2 Germination rate of wheat seeds stimulated by low-temperature plasma

处理功率/W	处理种子发芽率/%	与对照相比增减/%
0	90	0
80	95	5.56
100	93	3.33

从表 2 可以看出,不同功率冷等离子处理小麦种子,处理后放置 45 d 的发芽率与对照相比均有明显改变。

试验结果表明,当处理功率为 80 W 时,发芽率比对照高 5.56%;当处理功率为 100 W 时,发芽率比对照高 3.33%。因此,最佳发芽率的处理功率为 80 W。

2.3 小麦起身期田间植株干、鲜质量

从表 3 可以看出,不同处理功率冷等离子处理小麦种子,处理后放置 45 d 播种的起身期田间植株干、鲜重与对照相比均有明显改变。

试验结果表明,当处理功率为 80 W 时,干质量比对照高 13.02%,当处理功率为 100 W 时,干质量比对照高 12.32%;当处理功率为 80 W 时,鲜质量比对照高 6.00%,当处理功率为 100 W 时,鲜质量比对照高 3.17%。因此,处理后放置 45 d 开始进行田间种植的情形下,小麦起身期田间植株干、鲜质量最佳效果处理功率为 80 W。

表 3 冷等离子体处理后的植株干、鲜质量

Tab.3 Green and dry weight of wheat seedlings stimulated by low-temperature plasma

处理 功率/W	干质量 /g	鲜质量 /g	干质量与对照 相比增减/%	鲜质量与对照 相比增减/%
0	2.84	22.68	0	0
80	3.21	24.04	13.02	6.00
100	3.19	23.40	12.32	3.17

2.4 小麦起身期田间株高、根长

株高是指植株地上部分最大长度,根长是指样品地下部分最大长度。用游标卡尺逐一测定发芽后种子的根长,结果见表 4。

表 4 冷等离子体处理后的株高、根长长度

Tab.4 Length of shoot and root of wheat seedlings stimulated by low-temperature plasma

处理 功率/W	株高 /cm	根长 /cm	株高与比对照 相比增减/%	根长与对照 相比增减/%
0	25.91	12.96	0	0
80	25.56	14.93	-1.35	15.20
100	26.59	12.58	2.62	-2.93

从表 4 可以看出,不同功率冷等离子体处理小麦种子,处理后放置 45 d 播种的起身期田间株高、根长与对照相比均有明显改变。

试验结果表明,当处理功率为 80 W 时,株高比对照矮 1.35%,当处理功率为 100 W 时,株高比对照高 2.62%;当处理功率为 80 W 时,根长比对照高 15.20%,当处理功率为 100 W 时,根长比对照矮 2.93%。株高变矮,有利于植株固定;根系加长,对吸收深层土壤中的水分和养分有突出作用。因此,小麦起身期田间株高、根长最佳效果的处理功率为 80 W。

2.5 田间单株最大分蘖数

田间试验小区为长 1.3 m,行距 0.15 m,5 行。数取试验小区内每株小麦的分蘖数,取其加权平均值作为单株最大分蘖数,实际数据见表 5。

表 5 冷等离子处理小麦种子田间最大分蘖数

Tab.5 Number of effective tillers per plant of wheat seedlings stimulated by low-temperature plasma

处理功率/W	田间单株最大分蘖数/个	与对照相比增减/%
0	3.9	0
80	5.4	38.46
100	4.4	12.82

从表 5 可以看出,不同功率冷等离子体处理小麦种子,处理后放置 45 d 播种的田间最大分蘖数与对照相比均有明显改变。

试验结果表明,当处理功率为 80 W 时,田间最大分蘖数比对照高 38.46%,当处理功率为 100 W 时,田间最大分蘖数比对照高 12.82%。因此,小麦田间最大分蘖数最佳效果的处理功率为 80 W。

3 结论

(1) 冷等离子体处理小麦种子,处理后放置 45 d 进行发芽试验,发芽势和发芽率与对照相比均有明显差异,冷等离子体处理对小麦种子的发芽势和发芽率有显著影响。

(2) 冷等离子体处理小麦种子,放置 45 d 后播种,起身期田间植株干、鲜质量、株高、根长、最大分蘖数均比对照有明显差异,冷等离子体处理对小麦起身期田间植株干、鲜质量有显著影响。

(3) 等离子体处理后 45 d 后进行播种,发芽势、发芽率、起身期田间植株干、鲜质量、株高、根长以及田间单株最大分蘖数的最佳效果处理功率为 80 W。

参 考 文 献

1 郝学金,秦建国. 低温等离子种子处理研究初报[J]. 山西农业科学,1998,26(2):39~41.
Hao Xuejin, Qin Jianguo. Preliminary study on seeds irradiated with iso-ion beam[J]. 1998,26(2):39~41. (in Chinese)

2 李瑞福. 等离子体种子处理技术[J]. 北方水稻,2010,40(4):52~53.

3 尹美强. 磁化弧光等离子体对种子生物效应的研究[D]. 大连:大连理工大学,2006.
Yin Meiqiang. Research of magnetized arc plasma on seeds biological effects [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006. (in Chinese)

4 张宇航,张景楼,王清发. 物理方法在甜菜种子处理上的应用[J]. 中国甜菜糖业,2005(2):20~22.

5 徐志莹,陈波,魏振. 不同种子处理方法对玉米产量的影响[J]. 农业科技与装备,2011(4):15~16.
Xu Zhiying, Chen Bo, Wei Zhen. Effect of various seeds treatments on maize yields[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2011(4):15~16. (in Chinese)

6 刘山,欧阳西荣,聂荣邦. 物理方法在作物种子处理中的应用现状与发展趋势[J]. 作物研究,2007,21(5):520~524.

7 邵长勇,王德成,唐欣,等. 弧光磁化等离子体种子处理装备应用现状及发展趋势[J]. 中国种业,2012(8):1~3.

8 胡良龙,田立佳,胡志超,等. 物理农业技术在种子选后处理中的应用[J]. 安徽农业科学,2007,35(13):3 778~3 779.
Hu Lianglong, Tian Lijia, Hu Zhichao, et al. Application of physical agriculture techniques in cleaned seeds treatments[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2007, 35(13): 3 778~3 779. (in Chinese)

9 Yin Meiqiang, Huang Mingjing. Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield[J]. Plasma

Science & Technology, 2005, 7(6):3 143 ~ 3 147.

10 Irina Filatova,Viktor Azharonok,Mikhail Kadyrov. Rf and microwave plasma application for pre-sowing caryopsis treatments[J]. Publ Astron Obs. Belgrade, 2010, 89: 289 ~ 292.

11 付三玲,张伏,李建昌,等. 几种物理技术在农业中的应用及展望[J]. 农机化研究,2006(1):36 ~ 38.
Fu Sanling, Zhang Fu, Li Jianchang, et al. Application and trend about several physics technology in agriculture fields[J]. Agricultural Mechanization Research, 2006(1):36 ~ 38. (in Chinese)

12 黄明镜. 等离子体对小麦种子萌发过程中某些生理变化的影响[J]. 山西农业科学,2010,38(11):22 ~ 25.
Huang Mingjing. Physiological effect of plasma on wheat seed germination[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2010, 38(11):22 ~ 25. (in Chinese)

13 罗海云,冉俊霞,王新新,等. 大气压不同惰性气体介质阻挡放电特性的比较[J]. 高电压技术,2012, 38(5):1 070 ~ 1 077.
Luo Haiyun, Ran Junxia, Wang Xinxin, et al. Comparision study of dielectric barrier discharge in inert gases at atmospheric pressure[J]. High Voltage Engineering,2012,38(5):1 070 ~ 1 077. (in Chinese)

14 黄明镜,马步洲,岳艳翠,等. 等离子体对种子活力及抗旱性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(1):65 ~ 68.
Huang Mingjing, Ma Buzhou, Yue Yancui, et al. Effect of plasma on seeds vigor and drought resistance[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2002,20(1):65 ~ 68. (in Chinese)

15 李玉明,伦会荣. 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定小麦中的微量元素[J]. 山东国土资源,2010,26(11):37 ~ 39.
Li Yuming, Lun Huirong. Testing of trace elements in wheat by using inductively coupled plasma method[J]. Shandong Land and Resources, 2010,26(11):37 ~ 39. (in Chinese)

16 黄明镜,尹美强. 等离子体对干旱胁迫下小麦种子萌发的生物学效应[J]. 中国农学通报,2010,26(23):204 ~ 207.
Huang Mingjing,Yi Meiqiang. Physiological effects of plasma on seed germination of winter wheat under drought stress[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(23):204 ~ 207. (in Chinese)

17 依艳丽,张大庚,谢修鸿,等. 磁处理种子对小麦生物学性状的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2001, 32(5): 333 ~ 338.
Yi Yanli, Zhang Dageng, Xie Xiuhong, et al. Effects of seeds treated with magnetic field on the biological characteristics of wheat [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2001, 32(5): 333 ~ 338. (in Chinese)

18 邵长勇,方宪法,唐欣,等. 冷等离子体处理对大葱种子发芽特性的影响[J]. 农业机械学报,2013,44(6):212 ~ 216.
Shao Changyong, Fang Xianfa, Tang Xin, et al. Stimulating effects of low-temperature plasma on seed germination characteristics of green Chinese onion[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(6):212 ~ 216. (in Chinese)

19 Shao Changyong, Wang Decheng, Tang Xin, et al. Stimulating effects of magnetized arc plasma of different intensities on the germination of old spinach seeds[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2013, 58(3 ~ 4):814 ~ 818.

20 邵长勇. 中国种子贸易战略研究[M]. 北京:中国农业大学出版社,2013:1 ~ 5.