

水引发处理对菠菜种子萌发及活力的影响

江绪文¹ 任长华¹ 胡江漫¹ 曾庆欣¹ 赵青春² 王建华^{1*}

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193; 2. 北京市种子管理站, 北京 100088)

摘要 用水作为引发剂对4个大小等级的菠菜种子进行引发处理,通过幼苗生长测定、电导率测定以及模拟田间试验等比较分析种子活力指标,探索引发处理提高菠菜种子活力的效果。结果表明:去除果皮不利于菠菜种子正常成苗;适宜的水引发处理能明显提高菠菜种子的活力,不同大小等级菠菜种子水引发的适宜浸种及保湿时间有所不同,其中种子直径 $d < 1.7$ mm为10 min,24 h; 1.7 mm $\leq d < 2.5$ mm和 2.5 mm $\leq d < 3.0$ mm均为20 min,24 h; $d \geq 3.0$ mm为30 min,24 h。

关键词 菠菜; 种子萌发; 种子活力; 水引发; 温度

中图分类号 S 351.1

文章编号 1007-4333(2011)02-0043-09

文献标志码 A

Study of water priming effect on seed germination and vigor of spinach (*Spinacia oleracea*)

JIANG Xu-wen¹, REN Chang-hua¹, HU Jiang-man¹, ZENG Qing-xin¹,
ZHAO Qing-chun², WANG Jian-hua^{1*}

(1. College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Beijing Seed Administration Station, Beijing 100088, China)

Abstract Seed priming is one of advanced seed treatment technologies in international. In this study, water priming on seed germination and vigor of four different size grades of spinach seeds were conducted with vigor indexes characterized by seedling growth test, conductivity test and simulated field test. The results showed that it was detrimental to seedlings' health after pericarp removal and vigor of spinach (*Spinacia oleracea*) seeds of different size grades were obviously improved by water priming. And different size grades of spinach (*Spinacia oleracea*) seeds had the different optimum time of soaking and keeping humidity. The result was that seed diameter (d for short) < 1.7 mm was 10 min, 24 h; 1.7 mm $\leq d < 2.5$ mm and 2.5 mm $\leq d < 3.0$ mm were 20 min, 24 h; $d \geq 3.0$ mm was 30 min, 24 h.

Key words spinach; seed germination; seed vigour; water priming; temperature

菠菜(*Spinacia oleracea*)属藜科菠菜属,营养丰富,栽培广泛,是我国重要的出口创汇蔬菜。同一时间采收的菠菜种子的千粒重、成熟度差异很大,且休眠性较强,导致发芽势弱,出苗缓慢,难以满足苗齐、苗匀、苗壮的生产要求,直接影响经济效益^[1-3]。因此,研究提高菠菜种子发芽率、出苗整齐度和幼苗活力具有重要的理论意义和经济价值。

种子引发技术是目前国际上先进的种子处理技

术之一^[4-5]。其原理为控制种子缓慢吸水,使其停留在吸胀的第二阶段,让种子进行预发芽的生理生化代谢和修复作用,促进细胞膜、细胞器、DNA的修复和酶的活化,此阶段处于准备发芽的代谢状态,应防止胚根的伸出^[6-9]。根据种子吸水特点和萌发特性,将引发技术应用于水稻、小麦、玉米、辣椒、大豆、胡萝卜、芹菜、一串红(*Salvia splendens*)、夏枯草(*Prunella vulgaris*)等种子上,并取得了良好的效

收稿日期: 2010-09-15

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2008BADB1B06)

第一作者: 江绪文, 博士研究生, E-mail: mjxw888@163.com

通讯作者: 王建华, 教授, 博士生导师, 主要从事种子质量及检验技术与质量改善技术研究, E-mail: wangjh63@cau.edu.cn

果^[10-21],但关于菠菜种子引发的研究甚少。

种子精选分级是种子加工的重要内容,可提高种子净度、种子活力、出苗整齐度等生产指标,对农业生产发展具有重要意义^[22]。本试验旨在将种子引发与种子分级及发芽环境相结合,对不同大小等级的菠菜种子进行水引发处理,探讨提高不同大小等级菠菜种子萌发及活力的适宜处理组合,以期为菠菜种子播前处理技术的研究与应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试菠菜品种为京菠一号,于2008年收获。种子由北京市种子管理站提供,冷库中密闭贮藏。

1.2 试验设计

试验采取二因素随机区组设计。浸种时间为A因素,设3个不同的时间:10、20和30 min。保湿时间为B因素,设12和24 h。A、B因素随机组合成6个处理,设1个对照CK(种子不经过任何处理),共7个处理。

1.3 不同大小等级菠菜种子形态观察及种子数目所占比例

1)种子形态观察。采用Olympus-SZX16体视镜对不同大小等级的菠菜种子进行解剖形态观察。

2)不同大小等级种子数目所占比例。取部分未加工种子,测其质量后,用5FXS-2风筛清选机分选,按种子直径 $d < 1.7$ mm、 1.7 mm $\leq d < 2.5$ mm、 2.5 mm $\leq d < 3.0$ mm和 $d \geq 3.0$ mm分为4个等级;测定各等级种子质量,并结合相应等级单位数目种子质量,求得各等级种子数目所占比例,3次重复。

1.4 不同大小等级菠菜种子活力测定

1)水分及千粒重测定。按GB/T 2930.8—2001《农作物种子检验规程》^[23]进行。

2)幼苗生长测定。参照农作物种子检验规程和国际种子检验规程^[23-24],采用纸床进行发芽试验。各等级分别取300粒净种子进行置床,每重复100粒,3次重复,置于智能人工气候箱中培养,光照12 h,黑暗12 h。25和15℃分别进行发芽试验。于第7天初次计数,第21天统计发芽率。同时测定正常幼苗的苗长,苗鲜质量和苗干质量(先80℃烘2 h,后103℃烘6 h),并计算简化活力指数:简化活力指数=发芽率×芽干质量。

3)去果皮种子萌发过程健康幼苗数测定。将不

同大小等级菠菜种子去果皮后进行发芽试验,方法同2)幼苗生长测定。于第2天起,逐日进行观测,至第10天。以不正常苗或前期健康后期不健康幼苗均属于不健康幼苗的原则,统计健康幼苗数。

4)电导率测定。参照《种子学实验技术》中介绍的方法^[25]。每处理1 g种子,3次重复;用双重蒸馏水洗净种子表面,灭菌吸水滤纸吸干表面浮水,放入250 mL烧杯中,加入100 mL双重蒸馏水,于25℃恒温下浸泡24 h;用DDS-12A型电导仪测定浸泡液电导率,再沸水浴30 min;冷却后,测定绝对电导率,并计算相对电导率,相对电导率=浸泡液电导率/绝对电导率。设双重蒸馏水作为空白对照。

5)模拟田间试验。参照张文明等的方法^[26],每重复100粒净种子,3次重复,室温下第21天统计出苗率。

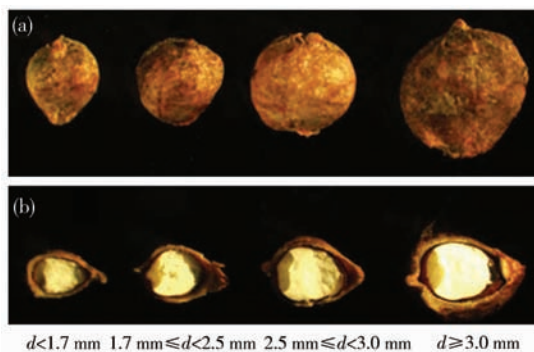
1.5 统计分析方法

各处理间的多重比较采用SAS软件LSD法,各项活力指标间的相关性分析采用SPSS软件。

2 结果与分析

2.1 不同大小等级菠菜种子形态观察及种子数目比例

1)种子形态观察。不同大小等级菠菜种子种胚大小和果皮厚度均不相同。种胚大小随种子等级增大而增大,其中 $d \geq 3.0$ mm等级果皮最厚(图1)。



(a)外形;(b)剖视

图1 不同大小等级菠菜种子形态及解剖观察

Fig. 1 The appearance of spinach seeds of different size grades

2)不同大小等级菠菜种子数目所占比例。2.5 mm $\leq d < 3.0$ mm菠菜种子数目占未加工前种子总数比例最大,为57.6%;1.7 mm $\leq d < 2.5$ mm和 $d \geq 3.0$ mm次之,分别为13.4%和26.2%; $d < 1.7$

mm 比例最小,为 2.8%。

2.2 不同大小等级菠菜种子活力测定

1) 去果皮前后千粒重及水分差异。千粒重是种子活力指标之一。同品种种子千粒重越大表明种子内所含营养物质越多,其种子活力就越强^[27]。种子水分高低是影响种子活力重要的外在因素。对正常型种子,在一定水分范围内,种子水分愈低则愈有利于保持种子活力。由表 1 可见,菠菜种子的千粒重变异很大,为 3.49~12.61 g。1.7 mm ≤ d < 2.5 mm 与 2.5 mm ≤ d < 3.0 mm 两等级间千粒重差异最大,为 4.55 g,去果皮的为 3.34 g。各等级菠菜种子水分分为 9%~11%,均在安全水分内。2.5 mm ≤ d < 3.0 mm 和 d ≥ 3.0 mm 等级菠菜种子的含水量稍高,可能与果皮厚度及吸湿性能等有关。

2) 幼苗生长测定。25 °C 发芽条件下,发芽势和发芽率随种子等级增大而减小,苗鲜质量、苗干质量

表 1 供试菠菜种子去果皮前后千粒重及水分

Table 1 Comparison of thousand seed weight and moisture content for different size grades of spinach seeds

种子直径 d/mm	未去果皮		去果皮	
	千粒重/g	水分/%	千粒重/g	水分/%
d < 1.7	3.49	9.50	2.88	9.47
1.7 ≤ d < 2.5	5.23	9.50	3.30	9.50
2.5 ≤ d < 3.0	9.78	9.80	6.64	9.58
d ≥ 3.0	12.61	10.20	8.58	9.72

及简化活力指数则随之增大。与 25 °C 相比,15 °C 发芽条件下,发芽势和发芽率较高,且等级间差异减小(图 2)。说明低温有利于菠菜种子萌发。苗长、苗鲜质量、苗干质量及简化活力指数 4 项活力指标随种子等级增大而增大。

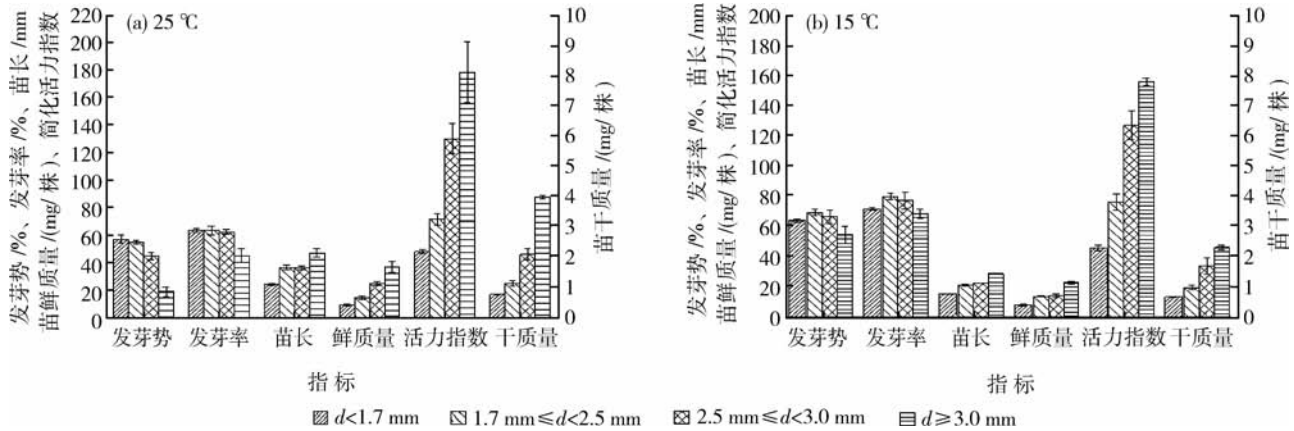


图 2 不同大小等级菠菜种子幼苗生长测定结果

Fig. 2 Spinach seedling growth test of different seed size grades

3) 去果皮菠菜种子健康幼苗数测定。25 °C 发芽条件下,不同大小等级去果皮菠菜种子健康幼苗数随生长天数变化而变化,变化趋势均为先升后降;不同大小等级健康幼苗数最大值不同,随等级增大而增大。与 25 °C 相比,15 °C 发芽条件下,健康幼苗数同样存在先升后降的变化趋势,后期下降速率稍缓,不同大小等级间的变化差异较小(图 3)。

4) 水引发对菠菜种子萌发及活力的影响。在 25 °C 条件下,经水引发处理的种子,除个别指标外,各项活力指标都高于对照,特别是发芽率。不同大小等级菠菜种子适宜的水引发处理方法不同(表 2)。d < 1.7 mm 种子,除苗长外,其他各项活力指标都

高于对照。其中 10 min、24 h 和 20 min、24 h 这 2 种处理较好,10 min、24 h 处理发芽势、苗鲜质量、苗干质量和简化活力指数略高于 20 min、24 h 处理,但差异不显著,两者的模拟田间出苗率差异亦不显著。从各项活力指标综合考虑,d < 1.7 mm 适宜的处理为 10 min、24 h 和 20 min、24 h。其他各大小等级种子适宜处理组合:1.7 mm ≤ d < 2.5 mm 为 10 min、24 h; 2.5 mm ≤ d < 3.0 mm 为 20 min、24 h; d ≥ 3.0 mm 为 30 min、24 h。15 °C 条件下,经水引发处理的种子,各项活力指标都高于对照。不同大小等级菠菜种子适宜的水引发处理组合不同(表 2)。综合考虑各项活力指标,各大小等级种子适宜

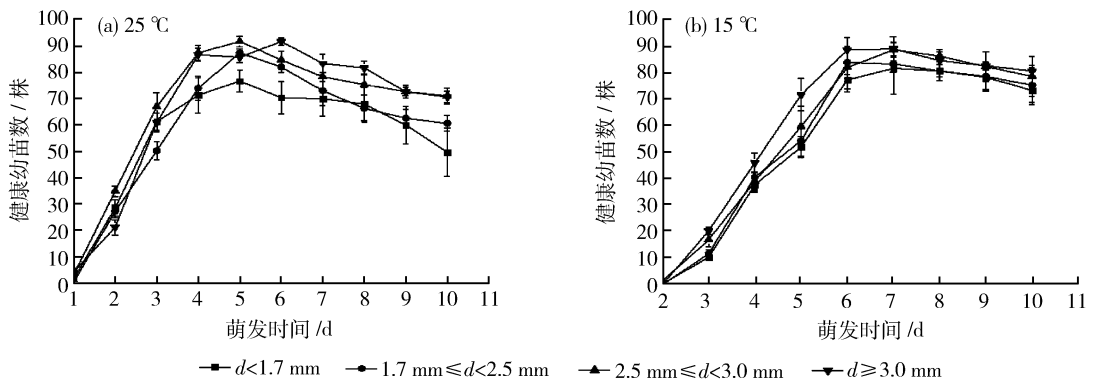


图3 不同大小等级去果皮菠菜种子健康幼苗数测定结果

Fig. 3 Spinach health seedlings number test of different seed size grades after pericarp removal

处理组合为： $d < 1.7$ mm, 10 min、24 h 和 20 min、24 h； $1.7 \text{ mm} \leq d < 2.5$ mm, 为 10 min、24 h； $2.5 \text{ mm} \leq d < 3.0$ mm, 20 min、24 h； $d \geq 3.0$ mm 为 30 min、24 h。

5) 水引发对菠菜种子电导率的影响。各处理菠菜种子的浸泡液电导率、绝对电导率都低于对照, 差异极显著, 说明处理后种子活力有所提高(表 3)； $d < 1.7$ mm 种子, 10 min、24 h 处理的各项电导率指标均为最低, 其中浸泡液电导率和绝对电导率与对

照相比, 差异极显著； $1.7 \text{ mm} \leq d < 2.5$ mm 种子, 10 min、24 h 和 20 min、24 h 两处理间 3 项电导率指标差异不显著, 两处理的浸泡液电导率和绝对电导率都极显著低于对照, 而相对电导率差异不显著； $2.5 \text{ mm} \leq d < 3.0$ mm 种子, 20 min、24 h 处理 3 项电导率指标都低于对照, 差异极显著； $d \geq 3.0$ mm 种子, 30 min、24 h 处理 3 项电导率指标除相对电导率与对照差异不显著, 其他 2 项差异均极显著。

表 2 不同大小等级菠菜种子水引发处理幼苗生长及模拟田间出苗率测定结果

Table 2 Results of seedling growth test and simulated field test of different size grades of spinach seeds with different water priming treatments

种子直径 d/mm	温度/ $^{\circ}\text{C}$	处理		幼苗生长指标						模拟田间 出苗率/%
		浸种 时间/min	保湿 时间/h	发芽势/ %	发芽率/ %	苗高/ mm	苗鲜质量/ (mg/株)	苗干质量/ (mg/株)	简化活 力指数	
$d < 1.7$	25	CK	CK	57.0 bB	63.3 cC	24.00 bcAB	8.99 cC	0.76 bB	47.92 cB	61.3 dD
		10	12	66.3 aAB	74.7 bB	28.80 abAB	10.50 bcBC	0.91 abAB	67.66 bcAB	69.0 bcBC
		10	24	71.0 aA	81.3 aAB	28.13 abcAB	12.63 abAB	1.12 aA	91.66 aA	77.0 aA
		20	12	72.7 aA	81.3 aAB	27.90 abcAB	10.79 bcABC	1.08 aAB	87.79 abA	71.3 bcABC
		20	24	70.0 aA	83.0 aA	31.57 aA	11.12 bcABC	1.00 abAB	82.85 abA	74.3 abAB
		30	12	66.7 aAB	78.0 abAB	22.23 cB	12.45 abAB	0.93 abAB	72.51 abAB	66.3 cdCD
		30	24	69.7 aA	79.0 abAB	26.57 abcAB	13.76 aA	1.01 aAB	79.65 abA	70.3 abcBC
	15	CK	CK	63.3 cC	71.0 bB	14.60 bB	7.68 dC	0.64 dC	45.35 dC	61.3 dD
		10	12	71.3 bAB	80.7 aAB	17.93 abAB	9.16 cBC	0.82 cBC	66.07 bcB	69.0 bcBC
		10	24	77.7 aA	82.3 aA	22.63 aA	10.14 bcAB	0.87 bcB	80.37 aAB	77.0 aA
		20	12	73.3 abAB	76.3 abAB	18.37 abAB	10.47 abcAB	0.86 bcB	65.63 cB	71.3 bcABC
		20	24	73.0 abAB	80.3 aAB	19.93 aAB	11.20 abA	1.08 aA	86.54 aA	74.3 abAB
		30	12	74.7 abAB	77.3 abAB	21.33 aAB	10.94 aA	0.98 abAB	67.30 bcB	66.3 cdCD
		30	24	70.0 bBC	80.3 aAB	22.30 aA	10.08 bcAB	0.97 abAB	78.12 abAB	70.3 abcBC

续表

种子直径 d/mm	温度/ $^{\circ}\text{C}$	处理		幼苗生长指标						模拟田间 出苗率/%
		浸种 时间/min	保湿 时间/h	发芽势/ %	发芽率/ %	苗长/ mm	苗鲜质量/ (mg/株)	苗干质量/ (mg/株)	简化活 力指数	
$1.7 \leq d < 2.5$	25	CK	CK	54.7 dD	63.3 cC	36.43 dC	14.37 bB	1.13 dC	71.38 cC	65.3 dC
		10	12	67.0 bcBC	83.0 bAB	37.77 cdBC	19.97 aAB	1.35 cdBC	111.71 bBC	74.0 bcB
		10	24	67.7 bcBC	91.7 aA	41.23 bAB	21.20 aA	1.83 aA	167.77 aA	85.3 aA
		20	12	65.7 cC	84.0 bAB	37.97 bcdBC	21.83 aA	1.73 abAB	145.12 abAB	72.7 cBC
		20	24	74.0 aA	85.3 abAB	45.50 aA	18.35 abAB	1.58 abcABC	136.09 abAB	76.7 bcB
		30	12	72.7 aAB	82.7 bB	39.97 bcBC	21.65 aA	1.47 bcABC	121.61 bAB	76.3 bcB
		30	24	71.0 aABC	81.7 bB	39.87 bcBC	18.05 abAB	1.43 bcdABC	116.88 bBC	80.0 abAB
	15	CK	CK	68.7 bA	79.3 cB	20.70 cC	13.16 cC	0.96 cB	75.72 cB	65.3 dC
		10	12	68.0 bA	85.3 abcAB	24.13 cBC	16.01 abAB	1.41 bA	120.50 bA	74.0 bcB
		10	24	73.0 abA	87.3 abAB	29.23 abAB	16.41 abAB	1.75 aA	152.26 aA	85.3 aA
		20	12	70.3 abA	91.3 aA	29.63 abAB	14.95 bcBC	1.42 bA	129.64 abA	72.7 cBC
		20	24	67.7 bA	86.7 abAB	25.17 bcABC	14.76 bcBC	1.65 abA	142.89 abA	76.7 bcB
		30	12	69.0 abA	83.3 bcAB	28.80 abAB	17.74 aA	1.63 abA	136.28 abA	76.3 bcB
		30	24	74.3 aA	85.3 abcAB	30.77 aA	16.26 abAB	1.63 abA	139.08 abA	80.0 abAB
$2.5 \leq d < 3.0$	25	CK	CK	44.7 dC	62.3 dC	36.13 dC	24.83 dC	2.08 cB	129.83 cC	58.7 eD
		10	12	60.7 cB	74.0 cB	38.47 cdC	35.27 bcAB	2.68 abAB	198.14 bB	67.3 dCD
		10	24	60.3 cB	76.0 bcB	48.13 aA	32.05 cB	3.21 aA	244.28 abAB	85.3 abA
		20	12	59.7 cB	80.3 abAB	39.00 cdBC	36.92 abAB	2.62 bcAB	210.20 bAB	67.7 dBCD
		20	24	72.3 aA	84.0 aA	41.93 bcABC	39.65 aA	3.24 aA	271.61 aA	88.7 aA
		30	12	68.0 abAB	79.7 abAB	43.30 abcABC	36.16 abAB	2.63 bcAB	210.28 bAB	70.7 cdBC
		30	24	64.3 bcAB	81.0 abAB	46.80 abAB	35.91 abcAB	2.70 abAB	218.31 bAB	78.3 bcAB
	15	CK	CK	66.0 dC	76.7 bB	21.87 cC	13.48 cB	1.67 cC	126.75 cC	58.7 eD
		10	12	76.7 bcAB	88.3 aA	29.77 bAB	17.27 bcAB	1.87 bcBC	164.94 bBC	67.3 dCD
		10	24	72.3 cBC	87.7 aA	30.13 bAB	18.38 abAB	2.30 aAB	202.50 aAB	85.3 abA
		20	12	76.0 bcB	86.3 aAB	27.60 bB	20.90 abA	2.16 abABC	186.17 abAB	67.7 dBCD
		20	24	82.7 aA	90.7 aA	30.50 abAB	21.55 aA	2.23 abAB	202.62 aAB	88.7 aA
		30	12	77.7 bAB	89.7 aA	30.23 bAB	19.08 abA	2.16 abABC	193.50 abAB	70.7 cdBC
		30	24	72.7 cB	86.3 aAB	33.77 aA	21.57 aA	2.52 aA	218.03 aA	78.3 bcAB
$d \geq 3.0$	25	CK	CK	18.7 dC	45.0 cC	46.90 bA	36.91 cB	3.96 cC	178.25 dC	44.3 cC
		10	12	47.3 cB	64.7 bB	51.47 abA	43.75 bcAB	4.91 bAB	317.83 bcB	64.3 bB
		10	24	54.7 abcAB	69.3 abAB	49.27 abA	42.72 bcAB	4.57 bBC	315.37 bcB	70.0 abAB
		20	12	50.7 bcAB	67.0 bAB	54.60 aA	45.94 abAB	4.44 bcBC	297.33 cB	67.3 bAB
		20	24	59.0 aA	71.7 abAB	53.10 abA	49.02 abA	4.99 bAB	358.09 bAB	76.0 aA
		30	12	59.3 aA	70.7 abAB	50.20 abA	48.12 abA	4.78 bBC	337.84 bcB	66.3 bB
		30	24	57.7 abAB	76.3 aA	55.43 aA	51.53 aA	5.64 aA	430.92 aA	76.3 aA
	15	CK	CK	54.3 dC	68.0 cC	28.40 cB	22.35 cC	2.29 bA	155.83 cB	44.3 cC
		10	12	66.0 cB	78.3 abAB	31.17 bcB	27.05 cdBC	3.11 aA	244.67 abAB	64.3 bB
		10	24	72.3 bB	78.7 abAB	38.57 aA	29.35 bcdAB	2.94 abA	230.76 abAB	70.0 abAB
		20	12	68.3 bcB	75.3 bBC	31.53 bcB	26.76 dBC	2.67 abA	201.26 bcAB	67.3 bAB
		20	24	64.3 cB	81.3 aAB	35.10 abAB	32.49 abA	3.23 aA	263.28 abA	76.0 aA
		30	12	67.0 bcB	80.3 abAB	30.50 bcB	30.41 abcAB	3.10 aA	247.54 abAB	66.3 bB
		30	24	79.3 aA	83.7 aA	38.70 aA	33.64 aA	3.31 aA	277.66 aA	76.3 aA

注：小写字母表示 0.05 显著水平，大写字母表示 0.01 显著水平；同列无相同小写字母、大写字母分别表示差异显著和极显著。下表同。

表3 不同大小等级菠菜种子水引发处理电导率测定结果

Table 3 Results of conductivity test of different size grades of spinach seeds with different water priming treatments

种子直径 d/mm	处理		浸泡液电导率/ ($\mu\text{S}/\text{cm} \cdot \text{g}$)	绝对电导率/ ($\mu\text{S}/\text{cm} \cdot \text{g}$)	相对电导率/ %
	浸种时间/min	保湿时间/h			
$d < 1.7$	CK	CK	136.83 aA	236.53 aA	58.61 aAB
	10	12	92.00 bB	160.53 cdBCD	57.33 abAB
	10	24	76.67 dC	147.67 dD	52.11 bcAB
	20	12	90.90 bB	172.07 bcBC	52.93 abcAB
	20	24	79.97 cBC	149.77 dD	53.35 abcAB
	30	12	92.83 bB	158.47 cdCD	58.61 aA
	30	24	89.87 cB	180.47 bB	49.86 cB
$1.7 \leq d < 2.5$	CK	CK	171.70 aA	221.47 aA	77.64 aA
	10	12	98.33 bcB	163.00 bB	60.49 cB
	10	24	91.47 cB	128.37 cD	71.32 abAB
	20	12	106.10 bB	159.73 bB	66.59 bcAB
	20	24	97.03 bcB	135.70 cCD	71.39 abAB
	30	12	97.27 bcB	160.47 bB	60.55 cB
	30	24	96.00 bcB	151.43 bBC	63.38 bcB
$2.5 \leq d < 3.0$	CK	CK	117.77 aA	197.50 aA	59.63 aA
	10	12	76.24 cB	135.70 dCD	56.29 aAB
	10	24	75.10 cB	152.27 bB	49.34 bBC
	20	12	81.33 bcB	138.67 cdCD	58.99 aA
	20	24	61.33 dC	134.83 dCD	45.57 bC
	30	12	84.73 bB	145.27 bcBC	58.28 aA
	30	24	63.43 dC	130.43 dD	48.69 bBC
$d \geq 3.0$	CK	CK	133.10 aA	182.80 aA	72.83 aA
	10	12	93.77 bB	138.83 bB	67.60 abAB
	10	24	86.80 bcBCD	125.87 bcBCD	68.82 abA
	20	12	91.17 bBC	133.63 bcBC	68.34 abA
	20	24	73.93 dD	114.80 dC	64.36 bcAB
	30	12	71.63 dD	122.30 cdBC	58.60 cB
	30	24	73.93 cdCD	112.83 dC	67.21 abAB

6) 各项活力指标与模拟田间出苗率的相关关系。25 和 15 °C 发芽条件下, 发芽势、发芽率与模拟田间出苗率极显著正相关; 简化活力指数与苗长、苗鲜质量和苗干质量极显著正相关, 与模拟田间出苗率正相关。可见发芽势、发芽率及简化活力指数均

是反映菠菜种子活力的较好指标。

相对电导率与模拟田间出苗率负相关, 浸泡液电导率和绝对电导率与模拟田间出苗率极显著负相关, 表明电导率测定是菠菜种子活力测定的较好方法(表 4)。

表4 菠菜种子活力指标与模拟田间出苗率间的相关系数

Table 4 The Correlation coefficient between the values of the indices of spinach seeds vigor to simulated field test

指标	发芽 温度/℃	发芽势	发芽率	苗长	苗鲜质量	苗干质量	简化活 力指数	浸泡液 电导率	绝对电 导率	相对电 导率
发芽率	25	0.912**								
苗长		-0.372	-0.197							
苗鲜质量		-0.426*	-0.278	0.883**						
苗干质量		-0.505*	-0.378*	0.882**	0.962**					
简化活力指数		-0.292	-0.154	0.881**	0.960**	0.967**				
浸泡液电导率		-0.434*	-0.544**	-0.277	-0.412*	-0.341	-0.488*			
绝对电导率		-0.218	-0.413*	-0.622**	-0.638**	-0.597**	-0.712**	0.830**		
相对电导率		-0.458*	-0.369	0.379*	0.160	0.249	0.153	0.588**	0.053	
模拟田间出苗率		0.765**	0.830**	0.112	-0.020	-0.080	0.140	-0.585**	-0.488**	-0.362
发芽率	15	0.664**								
苗长		-0.173	0.364							
苗鲜质量		-0.052	0.056	0.878**						
苗干质量		-0.045	0.113	0.888**	0.974**					
简化活力指数		0.079	0.272	0.913**	0.950**	0.985**				
模拟田间出苗率		0.663**	0.750**	0.277	0.032	0.054	0.187			

注：* 和 ** 分别表示 5 % 和 1 % 水平上相关显著。

3 讨论

根据引发过程中使用的介质不同,种子引发有多种形式:如液体引发、基质引发、鼓式滚筒引发、生物引发、膜引发等^[28-34]。水引发一般是指先将种子在水中预浸,然后将种子放在相对湿度(RH)为100%的密闭容器内培养。种子发芽前在高湿度空气中缓慢吸水而提高其水分,细胞膜、细胞器、DNA得到充分修复,促进了生物酶的充分活化,防止因吸胀速度过快造成损伤而使细胞内物质大量流失,从而促进了种子的生长发育,提高了种子活力^[4,31]。本试验的水引发方法实际就是“浸润-晾干处理”,此法是依据“水合-脱水”处理原理的一种改良方法^[16-17]。

毛晖等对小葱种子进行水引发处理结果表明,水引发能提高小葱种子的发芽势、发芽率等活力指标,促进幼苗生长,加快出苗速度^[18]。黄如葵采用水引发技术对三倍体西瓜种子发芽性能进行研究,

结果表明吸水过程显著改善其发芽性能,增强种子贮藏性能及抗衰老能力^[19]。刘慧霞等的研究结果表明水引发加快了紫花苜蓿种子的萌发速率,同时提高了萌发一致性,并能修复生物膜、增强细胞结构稳定性,从而增强种子抗逆性^[20]。Fujikura等将种子水浸4h后置于室温100%相对湿度(RH)的容器密封引发,甚至发现水引发在低温下效果要好于聚乙二醇(PEG)^[21]。Doody等对花旗松和冷杉种子采用先8周低温处理,在10d,20℃引发复合处理后,种子发芽率得到显著提高^[35]。Farooq等将浸泡、冷处理、热处理等多种方法相结合对不同水稻种子进行复合处理结果表明,精制稻采用浸泡+热处理能有效提高种子活力,而糙米采用浸泡+冷处理效果最好^[36]。果皮是种子外面的覆盖部分,具有保护种子不受外力机械损伤和防止病害入侵的作用,一般由数层细胞组成,但性质及厚度因植物种类而异^[37]。菠菜种子果皮内还含有萌发抑制物,具有种皮效应^[38]。

本研究通过对不同大小等级菠菜种子形态解剖观察及千粒重测定表明,种胚大小及果皮厚度等级间差异较大。就果皮厚度而言, $1.7\text{ mm} \leq d < 2.5\text{ mm}$ 与 $2.5\text{ mm} \leq d < 3.0\text{ mm}$ 种子之间差异最大。通过比较分析25和15℃发芽条件下不同大小等级去果皮菠菜种子健康幼苗数变化趋势可知:果皮虽在菠菜种子萌发中抑制子叶展开,但有利于根系发育、胚轴伸长从而保证健康成苗。相反去果皮后导致子叶过快展开,抑制根系发育和胚轴伸长,严重影响菠菜种子成苗阶段正常的库源关系,造成幼苗倒伏,根系腐烂等多种不健康形态发生;而且去果皮过程中易造成种胚机械损伤,影响健康成苗。故去果皮加快菠菜种子萌发速度是一种不妥的菠菜种子加工方法。从种胚大小看,种胚大的种子活力高,抗逆能力强。从温度看,菠菜种子低温萌发速度稍慢,但萌发过程中受到不利因素影响较少。比较分析25和15℃发芽条件下不同大小等级菠菜种子幼苗生长测定结果可见,低温能提高菠菜发芽势和发芽率,特别是 $d \geq 3.0\text{ mm}$ 菠菜种子在25℃时种子萌发会受到明显抑制,而15℃时这种抑制效果有较大幅度的降低。这可能与低温能够降低果皮内抑制物的抑制效果有关。

目前的商品种子大小不一,均匀度差,若单一采用水引发对菠菜种子进行播前处理,虽在一定程度上提高菠菜种子活力,但引发效果不能充分体现,引发后出苗整齐度差,不利田间统一管理。本试验将水引发与种子分级及发芽环境相结合对菠菜种子播前处理进行研究,这是种子引发领域较新的尝试。试验结果表明,经过水引发处理使菠菜种子经过一个生理修复的过程,同时有效打破果皮内抑制物等引起的种子休眠,并能软化种皮,提高种子透气性,降低抑制物含量,从而有效提高种子活力。

根据对不同大小等级菠菜种子数所占比例的测定结果可知, $d \geq 2.5\text{ mm}$ 菠菜种子数占分级前总数的84.8%,种子饱满,果皮稍厚,具有良好的活力提高潜力,因此提高 $d \geq 2.5\text{ mm}$ 菠菜种子活力对提高菠菜种子整体活力具有重要意义。有关果皮内抑制物成分,及相关包衣剂的研发从而提高菠菜种子活力有待进一步研究。

4 结论

按各处理效果相同时选择浸种和保湿时间较短

处理的原则,不同大小等级菠菜种子适宜处理组合为:种子直径 $d < 1.7\text{ mm}$ 和 $1.7\text{ mm} \leq d < 2.5\text{ mm}$,均为10 min、24 h处理,与对照相比,25℃发芽条件下发芽率分别提高了18%和28.4%,15℃发芽条件下发芽率分别提高了9.3%和8%,模拟田间出苗率分别提高15.7%和20%;种子直径 $2.5\text{ mm} \leq d < 3.0\text{ mm}$,为20 min、24 h处理,在25℃和15℃发芽条件下发芽率分别提高了21.7%和14%,模拟田间出苗率提高了30%; $d \geq 3.0\text{ mm}$,30 min、24 h处理,在25℃和15℃发芽条件下发芽率分别提高了31.3%和15.7%,模拟田间出苗率提高了32%。不同大小等级菠菜种子适宜水引发处理组合的其他各项活力指标与对照相比均有明显提高。总之,目前菠菜商品种子加工有待加强,均匀度有待提高,将种子分级与水引发相结合能有效提高种子活力。

参 考 文 献

- [1] 吴琳,龚一民,刘凤辉. 高温处理在菠菜种子发芽试验上的应用[J]. 种子,2006,25(10):89
- [2] 邵力强. 不同处理方法对菠菜种子发芽率的影响[J]. 中国蔬菜,1998(1):28-29
- [3] 吴志行. 种子大全[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1993:38-39,53-55
- [4] Heydecker W, Higgins J, Gulliver R L. Accelerated germination by osmotic seed treatment[J]. Nature,1973,246:42-44
- [5] Prera C A, Cantiliffe D J. Presowing seed priming [J]. Horticultural Reviews,1994,16:109-141
- [6] Robert G, Abdelghany A, Elbagoury O, et al. Soybean seed deterioration and response to osmotic priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinating seeds[J]. Seed Science Research,1994,4:33-41
- [7] 胡晋. 种子引发及其效应[J]. 种子,1998,17(2):33-35
- [8] 林坚,郑光华,张庆昌,杜仲种子低温储藏技术的探讨[J]. 种子,1989,8(3):8-10
- [9] Kaur S, Gupta A, Kaur N. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea[J]. Journal of Agronomy & Crop Science,2005,191:81-87
- [10] 王芳,赛吾热尼沙·阿布都热西提,芦苇华,等. 引发对甜玉米种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 新疆农业大学学报,2009,32(2):37-40
- [11] 白占兵,李雪峰,倪向江,等. 种子引发剂对辣椒种子发芽的影响[J]. 湖南农业科学,2009(1):6-7
- [12] 万志兵,檀国印. “一串红”种子引发技术研究[J]. 中国农学通报,2010(1):145-148

- [13] 张贤秀,郭巧生,王艳茹.种子引发对夏枯草种子活力影响的初步研究[J].中国中药杂志,2008,33(5):493-495
- [14] 杨小环,杨文秀,马金虎,等.种子引发对大豆发芽和幼苗生理特性的影响[J].山西农业大学学报,2009,29(6):537-541
- [15] Brocklehurst P A, Dearman J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. II. Seedling emergence and plant growth[J]. Annals of Applied Biology, 2008, 102 (3): 577-584
- [16] 张如莲,熊粟俭.重复吸水-回干处理对银合欢种子发芽率及相关指标的影响[J].草业科学,2007,4(9):52-54
- [17] Rudrapal D, Nakamura S. The effect of hydration-dehydration pretreatments on eggplant and radish seed viability and vigour [J]. Seed Science and Technology, 1988, 16(1): 123-130
- [18] 毛晖,庄义庆,王国灿,等.水引发处理对小葱种子发芽的影响[J].种子科技,2003,21(2):100-102
- [19] 黄如葵.水引发技术对三倍体西瓜种子发芽性能的影响[J].中国蔬菜,2005(5):10-12
- [20] 刘慧霞,王彦荣.水引发对紫花苜蓿种子萌发及其生理活动的影响[J].草业学报,2008,17(4):78-84
- [21] Fujikura Y, Karssen C M, Kraak H L, et al. Hydropriming, a simple and inexpensive priming method[J]. Seed Science and Technology, 1993, 21: 639-642
- [22] 孙群,胡晋,孙庆泉.种子加工与贮藏[M].北京:高等教育出版社,2008:64-69
- [23] 国家技术监督局. GB/T 3543. 4—1995 农作物种子检验规程,发芽试验[S].北京:中国标准出版社,1995
- [24] 农业部全国农作物种子质量监督检测中心. 1996 国际种子检验规程[S].北京:中国农业出版社,1999
- [25] 尹燕秤,董学会.种子学实验技术[M].北京:中国农业出版社,2008:216-217
- [26] 张文明,郑文寅,任冲,等.电导法测定大豆种子活力的初步研究[J].种子,2003,22(2):34-36,38
- [27] 颜启传.种子学[M].北京:中国农业出版社,2001:102,114,118-121
- [28] Warren J E, Bennett M A. Bio-osmopriming tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds for improved stand establishment[J]. Seed Science and Technology, 1999, 27: 489-499
- [29] Wright B, Rowse H, Whipps J M. Microbial population dynamics on seeds during drum and steeping priming[J]. Plant and Soil, 2003, 255(2): 631-640
- [30] Rowse H R. Drum priming: A non-osmotic method of priming seeds[J]. Seed Science and Technology, 1996, 24: 281-294
- [31] Demir I, Oztokat C. Effect of salt priming on germination and seedling growth at low temperatures in watermelon seeds during development[J]. Seed Science and Technology, 2003, 31(3): 765-770
- [32] Rowse H R. Methods of priming seeds; U. K. Patent No. 5119589[P]. 1992
- [33] 阮松林,薛庆中.植物的种子引发[J].植物生理学通讯,2002,38(2):198-202
- [34] Rowse H R, Mckee J M T, Finch-savage W E. Membrane priming: a method for small samples of high value seeds[J]. Seed Science and Technology, 2001, 29(3): 587-597
- [35] Doody P, O'Reilly C. Effect of moist chilling and priming treatments on the germination of Douglas-fir and noble fir seeds[J]. Seed Science and Technology, 2005, 33(1): 63-76
- [36] Farooq M, Basra S M A, Cheema M A, et al. Integration of pre-sowing soaking, chilling and heating treatments for vigour enhancement in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Seed Science and Technology, 2006, 34(2): 499-506
- [37] 宋松泉,程红焱.种子生物学[M].北京:科学出版社,2008:234-236
- [38] 陈润政,李妍.菠菜种子休眠特性的研究[J].种子,1997(3):74-75

(责任编辑:刘迎春)