

喷淋发芽箱的设计、制作及喷淋发芽检测方法的确定

程莹^{1,2} 李浩卓^{1,2} 张婷婷^{1,2} 王建华^{1,2} 孙群^{1,2*}

(1. 中国农业大学 农学院/种子科学与技术研究中心,北京 100193;

2. 农业农村部 农作物种子全程技术研究北京创新中心,北京 100193)

摘要 为进一步提升种子发芽检测结果的稳定性,以2个玉米品种(‘郑单958’、‘农大87’)和2个小麦品种(‘济麦22’、‘山农21’)为试验材料,设计制作喷淋发芽箱,包括3×2组喷淋头、塑料软管、水泵和定时器,种子无需消毒处理,直接放入发芽箱,开始定时定量喷水,每次喷淋持续1 min,6组喷淋头,每次喷水量共计1.9 L。首先筛选玉米和小麦种子发芽适宜喷淋间隔时间,并比较不同品种、不同活力种子、不同测试时间和不同人员操作的条件下,种子发芽检测结果的稳定性。结果表明,玉米和小麦种子适宜的喷淋间隔分别为3和4 h,喷淋发芽法检测到的种子发芽势、发芽率或简易活力指数(SVI)与卷纸发芽法检测结果无显著差异,但带菌率显著降低($P < 0.05$),该方法不必对种子提前消毒,发芽期间水势稳定。多时间点、多人验证结果均表明,喷淋发芽法的检测结果稳定一致,任意2次试验间的差距均在国家种子检测规程允许的误差范围之内。

关键词 种子发芽检测; 喷淋发芽箱; 玉米; 小麦; 带菌率

中图分类号 S5

文章编号 1007-4333(2020)12-0001-08

文献标志码 A

Design and production of spraying germination box and determination of spraying germination test method

CHENG Ying^{1,2}, LI Haozhuo^{1,2}, ZHANG Tingting^{1,2}, WANG Jianhua^{1,2}, SUN Qun^{1,2*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology/Seed Science and Technology Research Center, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. The Beijing Innovation Center of Crop Seeds Whole-Process Technology Research of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100193, China)

Abstract In order to improve the stability of seed germination test result, two maize varieties (‘Zhengdan 958’ and ‘Nongda 87’) and two wheat varieties (‘Jimai 22’ and ‘Shannong 21’) were taken as experimental materials in this study. A spraying germination box including 3 × 2 spraying heads, plastic hoses, water pumps and timers was designed. None sterile seeds were put in the germination box, water pump sprayed at a fixed time and each time sprayed a total of 1.9 L water by 6 sprinkler heads. Firstly, the appropriate spraying intervals for maize and wheat seeds were selected. The stability of seed germination test results were then analyzed under different conditions, such as different varieties, different seeds vigor, different testing time points and different operating personnel. The results showed that maize and wheat seeds should be sprayed every three and four hours, respectively. Compared with a rolling paper germination method, the germinative force, germination percentage or simply vigor index (SVI) of spraying germination method displayed no significant differences, but had much lower bacteria carrying rate ($P < 0.05$). In conclusion, the spraying germination method avoided the sterilization process and kept the stability of water potential during germination period. The germination testing results of different testing time points, different operators showed that the spraying germination method could supply more stable and consistent results. The difference between

收稿日期: 2019-12-24

基金项目: 科技部“十三五”重点研发项目(2018YFD0100903,2018YFD0100904)

第一作者: 程莹, 硕士研究生, E-mail: chengying@cau.edu.cn

通讯作者: 孙群, 副教授, 主要从事种子加工检验研究, E-mail: sqcau@126.com

any two tests was within the error range of the national seed testing regulations.

Keywords seed germination test; spraying germination box; maize; wheat; bacteria carrying rate

确保种子质量检测结果准确是保障农业生产安全用种的关键所在^[1-2]。种子发芽试验是种子检验等相关科研工作的重要内容,在种子生物学研究、种子质量管理^[3]、实现良种化^[4]和种子质量标准化等方面具有极其重要的意义。

目前实验室常用的标准发芽法为砂床发芽法与纸床发芽法^[5-6]。采用砂床发芽法,霉菌感染和扩散的情况能得到一定抑制,但砂子清选、消毒和拌砂过程繁琐,占用空间大,前期计数与纸床相比非常不便,并且由于砂子含水量的差异,会增加重复间的误差。有研究比较发芽盒法和卷纸发芽法检测小麦种子活力的稳定性,其结果表明卷纸发芽法发芽势和发芽率普遍高于发芽盒法,不同重复之间的变异系数也显著低于发芽盒法^[7]。但有研究在采用标准发芽试验或逆境萌发试验检测种子活力时,所需时间较长,在此期间种子活力易受到霉变及人为操作影响^[8-9]。进行卷纸发芽前,需要提前对种子进行消毒处理,由于消毒不彻底或者内部带菌等问题,在种子发芽期间亦会有霉变现象,造成不同检验室、不同发芽环境或不同检验员之间难以获得完全一致的检测结果。目前,在标准发芽过程中,既保证发芽结果的稳定性与准确性,又简化种子消毒流程的方法尚未见报道。

本研究借鉴芽苗菜的培育方法^[10-11],制作新型喷淋发芽箱,在不同条件下进行种子标准卷纸发芽试验和喷淋发芽试验,测定并比较2种发芽检测方法发芽指标以及带菌率等指标,旨在提升玉米和小麦种子发芽试验结果的稳定性和可靠性,以期为建立规范的喷淋式发芽检测方法提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

玉米(*Zea mays* L.)种子:‘郑单 958’和‘农大 87’,生产年份为2017年,均产自甘肃省。

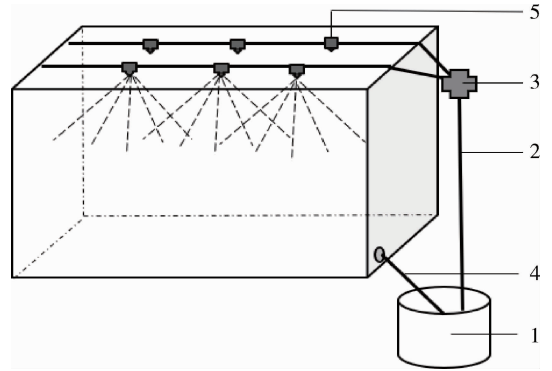
小麦(*Triticum aestivum* L.)种子:‘济麦 22’,生产年份为2018年;‘山农 21’,生产年份为2016年,均产自山东省。

1.2 试验方法

1.2.1 喷淋发芽箱的设计与制作

装置为立方体箱状,规格为:包括3×2组喷淋

头,塑料软管,水泵和定时器。喷淋箱材质为透明塑料,有助于光的透射。由水泵连接软管,将水泵接入喷淋头进行喷淋。水泵连接定时器,定时器定时供电,可以使水泵定时开启,从而定时喷淋。箱底带有水槽,可以使喷淋后的水分从出水孔流出,经塑料软管回流至水桶中,见图1。



1. 储水装置; 2. 进水管; 3. 水泵; 4. 排水管; 5. 喷淋头
1. Water container; 2. Inlet pipes; 3. Water pump; 4. Drain pipes; 5. Spraying head

图1 喷淋发芽箱示意图

Fig. 1 Schematic diagram of spraying germination box

1.2.2 喷淋时间间隔对种子发芽的影响

1) 提前1 d将蒸馏水放入发芽室(25℃)中进行温度平衡;

2) 在润湿至饱和的海绵上覆盖同样润湿至饱和的发芽纸,夹在2个14.5 cm×14.5 cm的底部有筛孔的发芽盒中,将蒸馏水浸过的种子均匀放置在发芽盒内,置床时各粒种子之间留有一定距离,以保证幼苗的生长空间和减少霉菌的传染。玉米每盒50粒种子,小麦每盒100粒种子,设置3次重复;

3) 将发芽盒置于喷淋发芽箱内,设置不同的喷淋时间间隔处理:玉米每隔3、6和8 h喷淋1次,每次喷淋持续1 min;小麦每隔4、6和8 h喷淋1次,每次喷淋持续1 min。在喷淋箱内放置温度计,每日检测发芽箱内温度,保证发芽箱内温度与发芽室中相同;

4) 发芽第4天统计发芽势,发芽结束后(玉米第7天,小麦第8天)统计发芽率、带菌种苗数,并称量幼苗鲜重,计算简易活力指数(SVI)。

$$\text{发芽势} = \frac{\text{4 d内正常发芽种子粒数}}{\text{参加试验种子总数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{发芽率} = (\text{7 或 8 d 内正常发芽种子粒数} / \text{参加试验种子总数}) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{简易活力指数(SVI)} = \text{发芽率} \times S \quad (3)$$

式中: S, 7 或 8 d 内正常幼苗的平均重量, g。

1.2.3 喷淋发芽结果稳定性验证

以 1.2.2 中确定的时间间隔对不同玉米和小麦种子进行发芽试验, 以《种子学实验技术》^[12] 中的标准卷纸发芽方法作为对照。

$$\text{种子带菌率} = (\text{带菌种苗数} / \text{参加试验种子总数}) \times 100\% \quad (4)$$

1.2.4 低质量种子(高温高湿老化处理获得)喷淋发芽结果稳定性验证

1) 将准备老化的玉米/小麦种子称重, 随后放入尼龙网袋中, 做好标记;

2) 向干燥器内加入适量蒸馏水, 使水面距离筛面约 2 cm。将尼龙网袋放入干燥器中, 用凡士林密封干燥器, 并将其放入烘箱内, 设置人工老化处理温度, 玉米种子为 45 °C, 小麦种子为 41 °C, 相对湿度 100%;

3) 老化 4 d 后取出种子, 在室温下风干至原始重量;

4) 每个重复玉米取 50 粒、小麦取 100 粒种子进行卷纸发芽试验与喷淋发芽试验, 3 次重复。

1.2.5 不同测试时间喷淋发芽结果稳定性验证

玉米间隔 3 个月, 小麦间隔 1 个月, 重复喷淋发芽与卷纸发芽的对比试验, 同时将不同测试时间的喷淋发芽与卷纸发芽得到的结果进行对比。

1.2.6 不同人员操作喷淋发芽结果稳定性验证

实验室不同人员重复喷淋发芽与卷纸发芽的对比试验, 同时将不同人员操作的喷淋发芽与卷纸发芽得到的指标进行对比。

1.2.7 数据处理

通过 Microsoft Excel 2007 和 IBM SPSS Statistics 23.0 软件, 运用单因素方差分析对发芽数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 喷淋发芽间隔时间的确定

由表 1 可知, 每隔 3、6 和 8 h 喷淋 1 次, ‘郑单 958’ 玉米种子的发芽势、发芽率与标准卷纸发芽法相比无显著差异, 种子带菌率则显著低于标准卷纸发芽法; 随着喷淋时间间隔的增长, ‘郑单 958’ 玉米幼苗的 SVI 有下降趋势, 因此选择每间隔 3 h 喷淋 1 次的时间间隔进行后续的试验。

每隔 4、6 和 8 h 喷淋 1 次, ‘济麦 22’ 小麦种子的发芽势与标准卷纸发芽法相比显著提高, 种子带

表 1 不同喷淋间隔时间玉米和小麦种子发芽检测结果

Table 1 Different spraying intervals on maize seeds and wheat seeds germination tested result

作物 Crop	品种 Variety	发芽方式 Germination method	发芽势/% Germinative force	发芽率/% Germination rate	带菌率/% Bacteria carrying rate	简易活力指数 Simply vigour index (SVI)
玉米 Maize	郑单 958	卷纸发芽(对照)	95.3±4.6	96.0±3.5	37.3±3.1	1.238 0±0.106 4
		间隔 3 h 喷淋	96.0±4.0	96.7±3.1	13.3±1.1*	1.051 1±0.019 2*
		卷纸发芽(对照)	96.7±1.1	96.7±1.1	53.3±3.1	1.127 0±0.049 1
		间隔 6 h 喷淋	97.3±1.1	95.3±2.3	9.3±6.1*	0.804 6±0.030 2*
		卷纸发芽(对照)	95.3±4.2	95.3±1.2	40.7±5.0	1.091 7±0.046 8
		间隔 8 h 喷淋	96.7±1.2	93.3±1.2	17.3±3.1*	0.726 0±0.024 0*
小麦 Wheat	济麦 22	卷纸发芽(对照)	72.5±7.0	76.0±3.3	40.7±6.1	0.119 1±0.015 1
		间隔 4 h 喷淋	95.3±4.2*	95.3±4.2*	3.3±1.1*	0.147 3±0.010 8
		卷纸发芽(对照)	74.7±3.0	80.7±6.1	28.0±6.9	0.131 1±0.022 2
		间隔 6 h 喷淋	90.6±1.0*	88.6±2.9	7.3±6.4*	0.135 7±0.006 2
		卷纸发芽(对照)	68.7±1.1	72.7±3.1	34.7±4.2	0.117 1±0.013 6
		间隔 8 h 喷淋	82.0±3.5*	84.0±4.0*	17.5±0.6*	0.103 6±0.017 7

注: * 表示同一品种不同处理在 0.05 水平上差异显著。

Note: * show significant difference at 0.05 level in different treatments of the same variety.

菌率则显著低于标准卷纸发芽法；随着喷淋时间间隔的增加，‘济麦 22’小麦幼苗的 SVI 有下降趋势，因此选择每间隔 4 h 喷淋 1 次的时间间隔进行后续的试验。

2.2 不同喷淋间隔对其他玉米和小麦种子发芽的验证

由表 2 可知，对‘农大 87’玉米种子进行间隔

3 h 的喷淋发芽，分别与标准卷纸发芽(种子消毒)、卷纸发芽(种子未消毒)相比，喷淋发芽的发芽势、发芽率均无显著差异，而种子带菌率显著降低。对‘山农 21’小麦种子进行间隔 4 h 的喷淋发芽，分别与标准卷纸发芽(种子消毒)、卷纸发芽(种子未消毒)相比，喷淋发芽的发芽率、SVI 无显著差异，而种子带菌率相比卷纸发芽(种子未消毒)显著降低。

表 2 不同喷淋时间间隔对不同玉米和小麦种子发芽结果的影响

Table 2 Effect of different spraying intervals on seed germination result of maize seeds and wheat seeds

作物 Crop	品种 Variety	发芽方式 Germination method	发芽势/% Germinative force	发芽率/% Germination rate	带菌率/% Bacteria carrying rate	简易活力指数 Simply vigour index (SVI)
玉米 Maize	农大 87	间隔 3 h 喷淋	87.3±4.6 a	85.3±3.1 a	6.0±2.0 c	0.799 3±0.042 4 a
		卷纸发芽(消毒)	83.3±5.0 a	80.0±4.0 a	70.0±5.3 b	0.787 2±0.071 3 a
		卷纸发芽(未消毒)	82.0±0.0 a	81.3±3.1 a	85.3±7.0 a	0.654 4±0.056 6 b
小麦 Wheat	山农 21	间隔 4 h 喷淋	92.0±2.0 a	96.0±2.0 a	3.3±1.2 b	0.137 6±0.011 1 a
		卷纸发芽(消毒)	84.0±2.6 b	91.0±3.8 a	2.5±3.8 b	0.128 9±0.013 2 a
		卷纸发芽(未消毒)	85.0±2.8 b	93.5±1.9 a	40.5±6.6 a	0.126 4±0.012 0 a

注：不同小写字母表示同一品种不同处理在 0.05 水平上差异显著。

Note: The different small letters show significant difference at 0.05 level in different treatments of the same variety.

2.3 高温高湿老化处理玉米和小麦种子喷淋发芽结果验证

由表 3 可知，经过老化后的 2 个品种的玉米种子，发芽率和 SVI 与表 1 和表 2 中结果相比显著

降低。虽然带菌率显著增加，但采用喷淋发芽法，种子带菌率显著低于卷纸发芽法。喷淋发芽法的发芽率、SVI 与标准卷纸发芽法相比没有显著差异。

表 3 玉米和小麦人工老化种子喷淋发芽试验结果

Table 3 Spraying germination test result of maize seeds and wheat seeds after artificial aging treatment

作物 Crop	品种 Variety	发芽方式 Germination method	发芽率/% Germination rate	带菌率/% Bacteria carrying rate	简易活力指数 Simply vigour index (SVI)
玉米 Maize	郑单 958	卷纸发芽(对照)	78.7±2.3	62.0±7.2	0.785 0±0.085 3
		喷淋发芽	76.7±5.0	8.0±2.0*	0.711 1±0.104 7
	农大 87	卷纸发芽(对照)	64.0±7.2	80.0±6.0	0.460 4±0.052 8
		喷淋发芽	68.0±2.8	7.0±1.4*	0.460 5±0.019 4
小麦 Wheat	济麦 22	卷纸发芽(对照)	79.5±3.4	51.0±14.7	0.106 9±0.015 0
		喷淋发芽	80.6±2.5	26.6±4.3*	0.104 7±0.002 1
	山农 21	卷纸发芽(对照)	76.0±5.7	44.0±12.6	0.089 7±0.005 2
		喷淋发芽	71.6±9.2	37.5±0.5	0.084 2±0.014 2

注：* 表示同一品种不同处理在 0.05 水平上差异显著。

Note: * shows significant difference at 0.05 level in different treatments of the same variety.

经过老化处理的 2 个品种的小麦种子,虽然带菌率显著增加,但采用喷淋发芽法,‘济麦 22’种子带菌率仍显著低于卷纸发芽法,2 个品种喷淋发芽法的发芽率、SVI 与标准卷纸发芽法相比无显著差异。

2.4 不同测试时间种子喷淋发芽试验对比

由表 4 可知,在间隔 3 个月对 2 个品种的玉米种子进行间隔 3 h 的喷淋发芽,‘郑单 958’和‘农大 87’在不同检测时间喷淋发芽检测之间的 SVI 保持稳定,2 次结果无显著差异;而采用卷纸发芽检测,虽然 2 个品种发芽率稳定,但是 2 次检测结果中

带菌率差异显著,且‘农大 87’卷纸发芽种子带菌率显著高于喷淋发芽结果。

在间隔 1 个月对 2 个品种的小麦种子进行间隔 4 h 的喷淋发芽检测,‘济麦 22’和‘山农 21’喷淋发芽检测的发芽率、带菌率和 SVI 保持稳定,2 次结果无显著差异。而采用卷纸发芽法检测,不同检测时间 2 个品种发芽率、SVI 无显著差异;而‘山农 21’种子带菌率在不同检测时间存在显著差异,且‘济麦 22’卷纸发芽的种子带菌率显著高于喷淋发芽结果。

表 4 不同测试时间玉米和小麦种子喷淋发芽试验结果对比

Table 4 Comparison of spraying germination test result of maize seeds and wheat seeds at different testing time

作物 Crop	品种 Variety	发芽方式 Germination method	时间 Testing time	发芽率/% Germination rate	带菌率/% Bacteria carrying rate	简易活力指数 Simply vigour index (SVI)
玉米 Maize	郑单 958	卷纸发芽(对照)	2018-06	96.0±3.5 a	37.3±3.1 a	1.238 0±0.106 4 a
			2018-09	92.0±7.2 a	9.0±6.4 c	0.962 9±0.101 4 a
		喷淋发芽	2018-06	96.7±3.1 a	13.3±1.1 b	1.051 1±0.019 2 a
			2018-09	93.3±2.3 a	2.7±2.3 c	0.942 9±0.022 2 a
	农大 87	卷纸发芽(对照)	2018-06	80.0±4.0 ab	70.0±5.3 a	0.787 2±0.071 3 a
			2018-09	76.7±1.2 b	29.3±1.2 b	0.562 1±0.003 5 b
		喷淋发芽	2018-06	85.3±3.1 a	6.0±2.0 c	0.799 3±0.042 4 a
			2018-09	76.7±3.1 b	0.7±1.2 c	0.650 1±0.098 3 ab
小麦 Wheat	济麦 22	卷纸发芽(对照)	2018-10	76.0±3.3 c	40.7±6.1 a	0.119 1±0.015 1 a
			2018-11	82.5±6.4 bc	41.0±4.2 a	0.131 5±0.013 1 a
		喷淋发芽	2018-10	95.3±4.2 a	3.3±1.1 b	0.147 3±0.010 8 a
			2018-11	89.0±5.2 ab	6.9±2.6 b	0.140 9±0.003 9 a
	山农 21	卷纸发芽(对照)	2018-10	91.0±3.8 a	2.5±3.8 b	0.128 9±0.013 2 a
			2018-11	89.5±4.1 a	29.0±6.0 a	0.124 6±0.011 5 a
		喷淋发芽	2018-10	96.0±2.0 a	3.3±1.2 a	0.137 6±0.011 1 a
			2018-11	95.0±1.4 a	8.0±2.8 a	0.144 9±0.003 1 a

注:不同小写字母表示同一品种不同处理在 0.05 水平上差异显著。

Note: The different small letters show significant difference at 0.05 level in different treatments of the same variety.

2.5 不同人员操作喷淋发芽试验对比

由表 5 可知,2 个品种的玉米种子在不同人员操作下,各处理的发芽率均无显著差异,同时喷淋发芽的种子带菌率均处于较低的水平,表明喷淋发芽法能较为稳定地缓解玉米种子在发芽过程中的染菌现象。

2 个品种的小麦种子在不同人员操作下,各处

理的发芽率均无显著差异,同时喷淋发芽的种子带菌率均处于较低的水平,表明喷淋发芽法能较为稳定地缓解小麦种子在发芽过程中的染菌现象。

2.6 喷淋发芽法稳定性评价

综上所述,对于玉米种子,不同测试时间、不同人员操作的喷淋发芽法与卷纸发芽法虽然在发芽率上无显著差异,但卷纸发芽法在不同测试时间、不同

表5 不同人员操作喷淋发芽结果对比

Table 5 Comparison of spraying germination result operated by different personnel

作物 Crop	品种 Variety	发芽方式 Germination method	操作人员 Operators	发芽率/% Germination rate	带菌率/% Bacteria carrying rate	简易活力指数 Simply vigour index (SVI)
玉米 Maize	郑单 958	卷纸发芽(对照)	A	92.0±7.2 a	9.0±6.4 b	1.014 5±0.101 4 a
			B	91.3±4.6 a	41.3±3.1 a	0.930 8±0.067 3 a
		喷淋发芽	A	93.3±2.3 a	2.7±2.3 bc	0.942 9±0.022 2 a
			B	94.7±1.2 a	1.3±2.3 c	0.923 8±0.040 6 a
	农大 87	卷纸发芽(对照)	A	76.7±1.2 a	29.3±1.2 b	0.562 1±0.003 5 b
			B	84.0±2.0 a	43.3±4.2 a	0.747 6±0.038 2 a
喷淋发芽		A	76.7±3.1 a	0.7±1.2 c	0.650 1±0.098 3 ab	
		B	86.0±8.0 a	4.7±4.2 c	0.556 7±0.150 0 b	
小麦 Wheat	济麦 22	卷纸发芽(对照)	A	82.5±6.4 a	41.0±4.2 a	0.131 5±0.013 1 a
			B	78.5±8.1 a	33.5±5.0 a	0.128 7±0.013 5 a
		喷淋发芽	A	89.0±5.2 a	6.9±2.6 b	0.140 9±0.003 9 a
			B	90.7±2.3 a	10.7±4.6 b	0.158 4±0.008 3 a
	山农 21	卷纸发芽(对照)	A	89.5±4.1 a	29.0±6.0 a	0.124 6±0.011 5 b
			B	94.0±2.8 a	9.0±1.2 b	0.146 1±0.006 7 a
		喷淋发芽	A	95.0±1.4 a	8.0±2.8 b	0.144 9±0.003 1 a
			B	92.0±2.0 a	9.3±2.3 b	0.148 4±0.010 9 a

注:不同小写字母表示同一品种不同处理在 0.05 水平上差异显著。不同大写字母代表不同操作人员。

Note: The different small letters show significant difference at 0.05 level in different treatments of the same variety. The different capital letters show different operators.

人员操作下的带菌率差异显著,而喷淋发芽法的结果更稳定一致。对于小麦种子,不同测试时间和不同人员操作的喷淋发芽法与卷纸发芽法虽然在发芽率上无显著差异,但卷纸发芽法在不同测试时间和不同人员操作下的带菌率差异显著,而喷淋发芽法的结果更稳定一致。

3 讨论与结论

时伟芳等^[7]比较卷纸发芽法和纸上发芽法的稳定性,认为逆境萌发率是较为稳定的种子活力检测指标,卷纸发芽检测结果稳定性显著优于纸上发芽,这是因为卷纸发芽法重复间的水势基本能保持一致。但卷纸发芽法需要提前对种子进行消毒处理,即便如此,由于种子内部带菌,仍会造成种子间的相互侵染影响最终的检测结果。有些种子,比如甜玉米种子,采用常规浓度次氯酸钠消毒处理时,种子活

力会出现一定程度的下降,有可能是次氯酸钠影响了胚细胞的活性。喷淋发芽法是芽苗菜培育最常用到的育苗方法,比如芽苗菜立体无土栽培生产方式——托盘喷淋栽培技术^[13]。有研究发现,花生、黄豆和绿豆种子每 4 h 喷水 1 次^[14-15],香椿种子每 6 h 喷水 1 次^[16],豌豆种子每 12 h 喷水 1 次^[17],可以生产出质量较佳的芽苗菜。

本研究设计制作的喷淋发芽箱,通过定时定量喷水,保证发芽期间水势均衡,通过冲淋可以及时冲洗掉萌发的孢子,从而可以省掉种子消毒环节。玉米种子适宜的喷淋间隔时间为 3 h,小麦种子适宜的喷淋间隔时间为 4 h,每次喷淋时间均为 1 min。不同作物、不同品种的试验均表明喷淋发芽法的发芽检测结果与卷纸发芽法(种子消毒)结果一致,重复间的变异系数均 $<5\%$,并且喷淋发芽方法种子带菌率显著下降,即使检测高带菌率的种子,喷淋发芽

过程中种子带菌率也处于较低水平。不同人员操作和不同检测时间,采用喷淋发芽法,检测结果之间的稳定性要优于卷纸发芽法。本研究以其他玉米品种(‘农大 86’和‘农大 364’)和小麦品种(‘周麦 18’和‘山农 11’)进行验证,不同测试时间和不同人员操作获得的发芽率稳定一致,变异系数均 $<2\%$,且任意 2 次试验间的差距均低于《农作物种子检验规程:发芽试验(GB/T 3543.4—1995)》^[18]中关于“同一或不同实验室来自相同或不同送验样品间发芽试验的容许差距”。喷淋发芽法(种子无需预消毒)多次试验的带菌率均值 4.6%,显著低于卷纸发芽法(种子预消毒)的 21.2%。

综上,喷淋发芽法稳定性很高,且相比卷纸发芽法而言,能显著降低玉米和小麦种子的带菌率,省去提前消毒环节,为那些对消毒药剂敏感的作物及品种提供了更加可靠稳定的发芽检测方法。

另外,新收获的小麦种子有休眠现象^[19],而通过干湿交替处理^[20]或通过流水处理稀释种子表面萌发抑制剂^[21],能够解除小麦种子的休眠。本试验发现,采用喷淋发芽法,‘济麦 22’的发芽势及发芽率均显著高于标准卷纸发芽法,这可能就是由于新收获的小麦种子存在休眠,而喷淋能够冲去种子表面的萌发抑制物质,从而解除种子的休眠。

参考文献 References

- [1] Ambrose A, Kandpal L M, Kim M S, Lee W, Cho B. High speed measurement of corn seed viability using hyperspectral imaging[J]. *Infrared Physical Technology*, 2016(75): 173-179
- [2] 钱慧慧. 100 份小麦品种(系)种子活力的鉴定与评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019
Qian H H. Identification and evaluation of the vigor of 100 wheat varieties (lines)[D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University, 2019 (in Chinese)
- [3] 赵耀, 刘康, 李仕钦, 陈光亮, 郑海芳, 李斌, 张伦德. 种子质量检测工作的思考与体会[J]. 中国种业, 2011(6): 42-43
Zhao Y, Liu K, Li S Q, Chen G L, Zhen H F, Li B, Zhang L D. Thinking and experience of seed quality detection[J]. *China Seed Industry*, 2011(6): 42-43 (in Chinese)
- [4] 任利沙, 顾日良, 贾光耀, 于晓芳, 杨晓军, 王建华. 种子出苗率对玉米个体生长和群体产量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(4): 10-15
Ren L S, Gu R L, Jia G Y, Yu X F, Yang X J, Wang J H. Effects of seed emergence rate on individual growth and population yield of maize[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22(4): 10-15 (in Chinese)
- [5] 杜优颖. BP 纸床发芽法中胚朝向对玉米发芽的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2016(6): 11-13
Du Y Y. The effect of the embryo orientation on the germination of maize in the germination method of the BP paper bed[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2016(6): 11-13 (in Chinese)
- [6] 张同祯, 李永生, 张国旗, 方永丰. 3 种标准发芽试验方法对玉米种子发芽的影响[J]. 中国种业, 2014(12): 43-47
Zhang T Z, Li Y S, Zhang G Q, Fang Y F. Effects of three standard germination test methods on corn seed germination [J]. *China Seed Industry*, 2014(12): 43-47 (in Chinese)
- [7] 时伟芳, 叶凤林, 李奕瑶, 李孟盈, 王建华, 谢宗铭, 孙群. 小麦种子活力检测相关指标稳定性的研究[J]. 中国种业, 2014(11): 47-49
Shi W F, Ye F L, Li Y Y, Li M Y, Wang J H, Xie Z M, Sun Q. Study on the stability of related indexes for wheat seed vigor detection[J]. *China Seed Industry*, 2014(11): 47-49 (in Chinese)
- [8] 陈少国. 种子发芽试验中常见问题及解决方法[J]. 河南农业, 2010(7): 45
Chen S G. Common problems and solutions in seed germination test[J]. *Agriculture of Henan*, 2010(7): 45 (in Chinese)
- [9] 马吉坡, 刘杰, 王清华. 用纸床做小麦种子发芽实验应注意的问题[J]. 中国种业, 2007(11): 86
Ma J P, Liu J, Wang Q H. The problem that should be paid attention to the experiment of wheat seed germination in paper bed[J]. *China Seed Industry*, 2007(11): 86 (in Chinese)
- [10] 乔凯, 赵浩, 刘青松, 周丽. 一种芽苗菜喷淋装置. 中国, CN201720618366.4[P]. 2018-03-27
Qiao K, Zhao H, Liu Q S, Zhou L. A spraying device for sprouts. China, CN201720618366.4 [P]. 2018-03-27 (in Chinese)
- [11] 孙群, 李浩卓, 侯永, 王建华. 一种发芽箱. 中国, CN201821166635.9[P]. 2019-04-09
Sun Q, Li H Z, Hou Y, Wang J H. A kind of germination box. China, CN201821166635.9[P]. 2019-04-09 (in Chinese)
- [12] 董学会, 尹燕桦. 种子学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008
Dong X H, Yin Y P. *Experimental Technology of Seed Science* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008 (in Chinese)
- [13] 曾国浩, 冯德党, 许春城. 两种芽苗菜无土栽培技术对比分析[J]. 云南农业, 2018(9): 68-70
Zeng G H, Feng D D, Xu C C. Comparative analysis of soilless cultivation techniques of two kinds of sprouts[J]. *Yunnan Agriculture*, 2018(9): 68-70 (in Chinese)
- [14] 于承鹤. 花生芽苗菜培育技术[J]. 农村实用工程技术, 2001(10): 12-13
Yu C H. Cultivation technology of peanut germination[J].