

一串红种子风筛选和重力选关键参数研究

赵正楠 李子敬 卜燕华 王茂良 孙宏彦 董爱香

(北京市园林科学研究所 绿化植物育种北京市重点实验室,北京 100102)

摘要 为确定一串红种子风筛选和重力选关键参数,提高一串红种子净度和发芽率,使用风筛式种子清选机 LA-LS 和重力式种子清选机 LAKTA 对不同收获时间、不同收获地点的国产一串红品种‘奥运圣火 1120’、‘83’、‘73’进行风筛选和重力选,并对其风筛选和重力选的适宜参数进行研究。结果表明,一串红种子风筛选适宜参数是振动频率 417 次/min,喂料速度 3 档,筛选 2~4 次;使用重力式种子清选机对一串红种子进行清选,对发芽率影响较大的因素依次是纵向倾角、振动频率;喂料速度、横向倾角。适合一串红种子重力选适宜参数是纵向倾角 1°,振动频率 7 档,喂料速度 6 档,横向倾角 4°,筛选 2 次。获选率大于 94%。

关键词 一串红;种子;风筛选;重力选

中图分类号 S 681

文章编号 1007-4333(2016)07-0053-08

文献标志码 A

Key parameters of air-screen cleaning and gravity separating of *Salvia splendens* seed

ZHAO Zheng-nan, LI Zi-jing, BU Yan-hua, WANG Mao-liang, SUN Hong-yan, DONG Ai-xiang

(Beijing Key Laboratory of Greening Plants Breeding, Beijing Institute of Landscape Architecture, Beijing 100102, China)

Abstract The *Salvia splendens* seeds of ‘Olympic Flame 1120’, ‘83’ and ‘73’ at different harvest time and in different harvest location were collected as study material. The key parameters were studied by LA-LS air-screen seed cleaner and LAKTA gravity separator. For the air-screen seed cleaner, the vibration velocity was 417 times/min, the feeding speed was band 3, screening 2 to 4 times. The effect order on germination rate of gravity separator is end slope/vibration velocity, feeding velocity, side slope. The better settings for the gravity separator were as follows: end slope 1°, vibration velocity 7 band, feeding velocity 6 band, side slope 4° and screening times 2. The percentage of chosen seed was higher than 94%. The results provide the technical support for mechanized and standardized proceeding of screening *Salvia splendens* seeds.

Keywords *Salvia splendens*; seed; air-screen cleaning; gravity separating

种子清选技术作为种子采后处理技术,是提高种子质量的重要手段,在现代农业生产系统中占有重要地位^[1]。种子清选技术是利用种子与杂质及好种子与劣种子的物理性质差异进行分离,从而得到净度高、发芽率好的种子的过程^[2]。常用的方法有风选、筛选、风筛选、重力选、窝眼选等。在我国,种子清选技术在粮食作物种子、蔬菜种子采后处理中广泛应用,也有多种用来专门清选玉米^[3]、小麦^[4]、牧草^[5]、蔬菜^[6]种子的机械设备。与上述种子相比,我国草本花卉种子机械化加工程度不高,既缺少对

其清选技术的研究,又缺少适合其种子清选加工专门的设备;草本花卉种子质量与国外种子比存在净度低,发芽率低的缺点。因此,系统地对草本花卉种子清选技术进行研究对解决上述问题具有重要意义。

一串红(*Salvia splendens*)是唇形科,鼠尾草属,一年生草本花卉,花色鲜艳,在园林绿化中广泛应用。一串红主要依靠种子繁殖,用种量很大^[7]。由于一串红是无限花序,花穗上不同部位种子成熟度、千粒重、饱满程度有显著区别^[8],而且收获时期

收稿日期:2015-08-17

基金项目:北京市公园管理中心课题(ZX2015021)

第一作者:赵正楠,工程师,主要从事花卉种子采后处理技术研究,E-mail:zhengnan2079@163.com

不良的环境条件经常会引起籽粒饱满度降低,一串红制种工作遇到的最突出的问题是一串红种子发芽率低^[9]。潘永飞等^[10]使用海绵对采后的一串红进行手工分离,以此获得高发芽率的一串红种子。在我国,对一串红种子的清选主要还依靠手工方式,较少使用种子机械。通过采用风筛式种子清选机和重力式种子清选机可以对上述杂质与好种子进行分离,但现阶段尚无对一串红种子机械清选的相关报道,本研究对一串红种子风筛选和重力选的关键参数进行分析与探讨,旨在提高一串红种子发芽率和净度,为我国自主研发一串红种子清选设备提供重

要数据参考,也为相关种子企业使用机械清选一串红种子提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

试验在北京市园林科学研究院进行。试验材料为自育的一串红品种‘奥运圣火 1120’、‘73’、‘83’种子。不同物料的划分标准主要为品种类型、收获时间、收获地点的差别。试验材料具体信息及种子物料初始的净度、发芽率、种子长度、宽度、厚度如表 1 所示。

表 1 样品名称及基本情况

Table 1 Varieties of sample and their basic information

编号 Code	品种名称 Varieties name	收获时间 Harvest time	产地 Growing area	净度/% Purity	发芽率/% Germination rate	种子长度/ mm Seed length	种子宽度/ mm Seed width	种子厚度/mm Thickness of seed
1	奥运圣火 1120	2013-09-10	北京	85.3±0.6	42.0±2.6	3.58±0.19	1.97±0.09	1.47±0.30
2	奥运圣火 1120	2013-09-10	赤峰	84.0±0.2	53.3±2.3	3.55±0.19	2.11±0.21	1.43±0.03
3	奥运圣火 1120	2012-09-10	赤峰	82.9±0.8	40.0±2.6	3.54±0.19	2.02±0.17	1.45±0.03
4	73	2013-09-10	北京	82.7±0.5	47.7±2.3	3.49±0.16	2.00±0.15	1.47±0.02
5	83	2013-09-10	北京	83.6±0.6	60.0±3.6	3.31±0.21	2.13±0.17	1.43±0.04

1.2 方法

1.2.1 试验设计

一串红种子风筛选关键参数的研究试验设计为:先观察种子物料运动情况定性判断各参数范围,再对选定参数进行完全随机试验,选择最适宜的试验参数;一串红种子重力选适宜参数采用正交试验设计确定。

1.2.2 试验仪器

种子风筛式清选机购买自 Damas 公司,型号为 LA-LS;使用上筛、中筛、下筛 3 层筛子,其中上层筛为长孔筛、筛孔宽度 4.0 mm;中层筛为圆孔筛、直径 3.2 mm;下层筛为长孔筛、筛孔宽度 1.4 mm。种子重力式清选机购买自 Damas 公司,型号为 LAKTA。

1.2.3 测定指标及方法

风筛选试验:首先观察种子物料的运动情况定性判断各参数的范围;调节风筛式种子清选机的喂料速度和筛面振动频率,观察筛面上种子的流动性

和杂质中是否有好种子。是否有好种子的鉴定方式为对分离出的杂质中的种子进行标准发芽试验,发芽率为 0 即不存在好种子。吸风道的调节依靠观察沉降室和杂质中种子成分。对种子的流动方式进行简要描述,选择的范围(表 2)分别为:振动频率 417 次/min,喂料速度 1、2 和 3 档;振动频率 390 次/min,喂料速度 1、2 档;振动频率 370 次/min,喂料速度 1、2 档;振动频率 350 次/min,喂料速度 1 档,对上述条件下清选的种子净度和发芽率进行分析。试验数据处理采用 SPSS 17.0。

重力选试验:种子重力式清选机台面为三角形、金属网状台面。采用正交试验,选用 L9 表进行分析,设置 A、B、C、D 4 个因素,分别对应纵向倾角、横向倾角、喂料速度、振动速度。每个因素设置 3 个水平。其中 A 因素纵向倾角的 1、2、3 水平分别对应 0.5°、1°、1.5°;B 因素横向倾角的 1、2、3 水平分别对应 3°、4°、5°,C 因素喂料速度的 1、2、3 水平分别对应 6、7、8 档,D 因素振动频率的 1、2、3 水平分别对

应为 6、6.5、7 档(分别对应 300、325、350 次/min)。台面风量是根据其余 4 个参数和物料在台面的运动情况决定的。

种子物料净度、发芽率测定方法参照国家标准 GB2272—1999^[11]。

种子获选率测定方法参照国家标准 GB5983—2001^[12]。

本试验将重力式种子清选机中重物料出口作为主排料口,对中间区物料进行二次重力分选,对种子物料获选率进行计算。重复 3 次,每次重复取种子物料 10 kg 进行获选率分析。

1.2.4 统计分析

试验数据使用 Excel 2007、SPSS 17.0 进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 风筛式种子清选机适宜参数的确定

2.1.1 不同振动频率、喂料速度对种子物料分离的影响

对 1~5 号种子物料进行风筛选,并对不同喂料

速度、不同筛面振动频率下物料的运动情况进行说明,如表 2 所示。结果表明,较快的振动频率、较快的喂料组合,较慢的振动频率、较慢的喂料速度组合,清选一串红种子有较好的清选效果;较快的振动频率、较慢的喂料速度组合,种子的喂料速度跟不上种子的清选速度,造成生产效率的降低;较慢的振动频率、较快的喂料速度组合,种子来不及分选就会被振至出料口,杂质中会出现好种子,导致获选率降低。因此风筛选需要振动频率和喂料速度相协调。通过初步的试验观察,当振动频率为 390 次/min、喂料速度为 3 档;振动频率为 370 次/min、喂料速度为 3 档;振动频率 350 次/min,喂料速度 2、3 档时,均出现振动频率较低,喂料速度较快的情况,造成物料堆积、种子物料下料速度较快、来不及分选即进入出料口,杂质中出现好种子的情况;因此初步判断一串红种子风筛清选的适宜振动频率和喂料速度分别为振动频率 417 次/min,喂料速度 1、2 和 3 档;振动频率 390 次/min,喂料速度 1、2 档;振动频率 370 次/min,喂料速度 1、2 档;振动频率 350 次/min,喂料速度 1 档。

表 2 振动速度、喂料速度对种子物料分离的影响

Table 2 Effects of vibration velocity and feeding velocity on separation of seed materials

振动频率/(次/min) Vibration velocity	喂料速度设置/档 Feeding velocity	杂质中是否有好种子 Pure seed or not	物料流动性 Liquidity
417	1	无	好
417	2	无	好
417	3	无	好
390	1,2	无	好
390	3	有	下料速度过快
370	1,2	无	好
370	3	有	下料速度过快
350	1	无	好
350	2,3	有	下料速度过快

2.1.2 不同振动频率、喂料速度对种子净度的影响

在上述适宜的参数条件下清选 1 号种子物料,对清选后种子物料的净度进行分析,结果如表 3 所示。由表 3 可知,对种子物料进行清选,净度发生显著变化,但各个处理之间差别不大,振动频率为 390

次/min,喂料速度为 1 档时种子净度与其它处理条件下的净度有显著差异,其他处理之间差异不明显。在实际生产中为提高生产效率,优选振动频率 417 次/min,喂料速度为 3 档。在此条件下种子物料有较好的净度,种子机械有较高的生产效率。

表3 不同振动频率、喂料速度对种子物料净度影响

Table 3 Effects of vibration velocity and feeding velocity on purity of seed materials

振动频率/(次/min)	喂料速度设置/档	净度/%
Vibration velocity	Feed velocity	Purity
417	1	95.0±0.2 ab
417	2	95.2±0.3 a
417	3	95.2±0.3 a
390	1	94.3±0.4 b
390	2	94.9±0.4 ab
370	1	94.6±0.5 ab
370	2	94.7±0.1 ab
350	1	94.8±0.3 ab

注:每列数字后上标相同字母表示在0.05水平上无显著差异(Tukey Test)。

Note: Values followed by the same letters in each column are not significantly different at 0.05 level from each other according to Tukey Test The same as follows.

2.1.3 不同筛选次数对种子净度和发芽率的影响

在振动频率417次/min,喂料速度为3档的条件下对1~5号种子物料进行1~5次清选,种子物料净度、发芽率变化如表4所示。由表4可知,随着清选次数增加,种子物料的净度和发芽率都有所提高。对1~5号种子物料净度进行分析,1号种子物料经过2次风筛选种子净度就不再发生显著变化;2号种子物料经过3次风筛选净度就不发生显著变化;3号种子物料、4号种子物料、5号种子物料分别经过2、4、4次清选净度就不发生显著变化;对1~5号种子物料发芽率进行分析,1号种子物料经过2次风筛选种子发芽率就不发生显著变化,2~5号种子物料均经过1次风筛选发芽率就不发生显著变化。由上述分析可知,一串红种子经过2~4次风筛选即可以达到较好的净度;使用风筛式种子清选机主要是将种子物料中的病虫害种子、残枝、土屑、石子、土块清除,以此提高种子的净度,需要进一步使用重力式种子清选机提高种子的净度及发芽率。

表4 不同风筛选清选次数对一串红种子物料净度、发芽率影响

Table 4 Effects of frequency on purity and germination of seed materials

项目	编号	次数 Frequency					
		0	1	2	3	4	5
Item	Code						
净度/%	1	85.3±0.6 c	95.2±0.3 b	97.3±0.6 a	97.8±0.6 a	97.9±0.5 a	97.5±0.6 a
	2	84.0±0.2 d	94.1±0.3 c	96.4±0.3 b	97.4±0.2 a	97.8±0.3 a	97.9±0.4 a
	3	82.9±0.8 c	93.1±0.8 b	96.6±0.4 a	97.7±0.3 a	97.8±0.5 a	97.8±0.4 a
	4	82.7±0.5 d	94.3±0.5 c	96.3±0.1 b	97.2±0.3 ab	97.7±0.2 a	97.7±0.3 a
	5	83.6±0.6 e	90.7±0.4 d	93.3±0.4 c	95.3±0.1 b	96.7±0.2 a	96.7±0.3 a
发芽率/%	1	42.0±2.6 c	48.0±1.0 bc	50.3±3.1 ab	53.0±1.7 ab	54.3±2.1a	54.3±2.1 a
	2	53.3±2.3 b	64.0±1.0 a	66.0±2.6 a	66.3±1.5 a	66.3±0.6a	66.3±0.6 a
	3	40.0±2.6 b	48.3±3.1 a	48.3±2.1a	49.3±1.5 a	49.3±2.3a	49.3±1.2 a
	4	47.7±2.3 b	55.7±2.9 a	56.7±2.5 a	60.7±1.5 a	60.3±2.1 a	60.7±1.5 a
	5	60.0±3.6 b	68.7±1.5 a	70.0±2.0 a	70.7±2.5 a	70.7±2.1 a	70.7±1.5 a

2.2 重力式种子清选机适宜参数的确定

根据上述试验结果,将1~5号种子物料分别风筛选2、3、2、4、4次,清选后的物料作为重力选的试验材料,采用正交试验对一串红种子重力选适宜参数进行研究,由表5可知,不同组合条件下清选一串红种子,发芽率差别较大。采用极差分析法分析各

因素对清选后重物料出口种子发芽率的影响,结果表明4个因素中,纵向倾角和台面振动频率对发芽率影响是最大的,其次是喂料速度,再次是台面横向倾角。再考察每个因素的优水平,分别为纵向倾角1°,振动频率7档,喂料速度6档,横向倾角4°。因此根据极差分析结果,一串红种子重力清选的适宜

的条件为纵向倾角 1°、振动频率 7 档、喂料速度 6 档、横向倾角 4°。

为了更加确定各因素对发芽率影响是否显著，进一步采用方差分析方法对 4 个因素进行分析，结果如表 6 所示。由表 6 可知， $F_{0.05}(2,2)=19$ ， $F_{0.1}(2,2)=9$ ，纵向倾角、振动频率 F 值大于 $F_{0.05}(2,2)$ ，说明这 2 个因素对发芽率有极显著影响，喂料速度 F 值大于 $F_{0.1}(2,2)$ ，说明喂料速度对发芽率有显著影响，横向倾角 F 值小于 $F_{0.1}(2,2)$ ，说明横向倾

角对发芽率影响不显著。因此，综合表 5 和 6 试验数据，为了保证重物料出口的一串红种子质量，适宜的重力清选的条件是纵向倾角 1°、振动频率 7 档，喂料速度 6 档，横向倾角 4°。对 1~5 号种子物料经上述条件清选后重物料出口种子的发芽率、净度进行分析，如表 7 所示，所有种子物料清选后发芽率和净度都满足国家标准 GB18247.4 对一串红一级种子发芽率和净度的要求，并且种子物料获选率均在 94.0% 以上。

表 5 L₉(3⁴) 正交试验结果
Table 5 Result of orthogonal test

编号 Code	因素 Factors				发芽率/% Germination rate
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	78.6
2	1	2	2	2	54.0
3	1	3	3	3	76.3
4	2	1	2	3	79.7
5	2	2	3	1	85.7
6	2	3	1	2	76.0
7	3	1	3	2	54.3
8	3	2	1	3	79.6
9	3	3	2	1	56.3
K1	208.9	212.6	234.2	220.6	
K2	241.4	219.3	190	184.3	
K3	190.2	208.6	216.3	235.6	
k1	69.6	70.9	78.1	73.5	
k2	80.5	73.1	63.3	61.4	
k3	63.4	69.5	72.1	78.5	
R	17.1	3.6	14.7	17.1	

注：A 因素：纵向倾角，3 个水平依次为 0.5°、1°、1.5°；B 因素：横向倾角，3 个水平依次为 3°、4°、5°；C 因素，喂料速度，3 个水平依次为 6、7、8 档；D 因素，振动频率，3 个水平依次为 6、6.5、7 档。

Note: Factor A indicates end slope, and includes three levels which are 0.5°, 1°, 1.5° according to the orders. Factor B indicates side slope, and includes three levels which are 3°, 4°, 5° according to the orders. Factor C indicates feed velocity, and includes three levels which are band 6, band 7, band 8 according to the orders. Factor D indicates vibration velocity, and includes three levels which are band 6, band 6.5, band 7 according to the orders.

表6 正交试验方差分析
Table 6 Variance analysis of orthogonal test

变异来源 Variance	平方和 Quadratic sum	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F value	Fa	显著水平 Significant level
纵向倾角/(°) End slope	447.5	2	223.75	22.9	$F_{0.05}(2,2)=19$	**
振动频率设置/档 Vibration velocity	463.8	2	231.90	23.8	$F_{0.1}(2,2)=9$	**
喂料速度设置/档 Feed velocity	329.5	2	164.75	16.9		*
横向倾角/(°) Side slope	19.5	2	9.75			

表7 不同种子物料清选后发芽率、净度、种子获选率
Table 7 Germination, purity and percentage of chosen seed of different seed materials %

编号 Code	重力选之前 发芽率 Germination rate before gravity separating	重力选之前 净度 Purity before gravity separating	发芽率 Germination rate	净度 Purity	获选率 Percentage of chosen seed
1	50.3±3.1	97.3±0.6	86.7±1.5	98.5±0.3	94.8±0.1
2	64.0±1.0	97.4±0.2	90.3±2.1	98.1±0.2	94.9±0.2
3	48.3±3.1	96.6±0.4	85.7±1.5	98.4±0.4	94.6±0.1
4	55.7±2.9	97.7±0.2	89.7±0.6	98.1±0.3	95.3±0.1
5	68.7±1.5	96.7±0.2	89.3±0.6	98.3±0.6	94.5±0.1

注:发芽率和净度指第一次重力清选后相关指标。

Note: The germination rate and purity refers to the first gravity cleaning.

3 讨论

种子清选技术是提高种子质量的重要技术,随着科技的发展,使用智能化的农机技术成为未来农业机械发展的必然趋势。清选机械控制系统由传统的电器控制、手动控制逐渐发展为计算机监控技术^[13]、虚拟仪器技术^[14]控制。2014和2015年基于ARM平台的种子风筛选智能控制系统^[15],重力选智能控制系统被研发成功^[16],使用传感器技术来监控机械参数,大大提高了操作的精度。上述技术广泛应用于粮食作物种子、蔬菜种子中,极大的促进了我国农机技术水平。相比粮食作物种子、蔬菜作物

种子,草本花卉种子清选技术比较落后,机械化程度较低。本研究首次系统地研究了一串红种子风筛选和重力选的关键参数,较大程度的提高了一串红种子的发芽率和净度。

3.1 试验设备其他参数影响

风筛式种子清选机 LA-LS 可调参数有 4 个,筛面振动频率、喂料速度,前后吸风道、筛板尺寸。本研究主要研究了筛面振动频率、喂料速度对种子净度、发芽率的影响。风量^[17]、筛片尺寸^[1]也是影响风筛清选的重要因素,本试验中根据种子物料的运动状态及杂质中好种子出现情况对前后吸风道风量进行调节,所用筛片尺寸是根据一串红种子长度、宽

度、厚度,由设备工程师所提供。此外,在实际生产中种子物料厚度^[18]、均匀性等对清选效果也有一定影响,尚需要进一步的深入研究。重力式种子清选机 LAKTA,可调参数有工作台面纵向倾角、横向倾角、台面振动频率、喂料速度和台面风量共5个参数。本试验主要研究了前4个参数对种子净度及发芽率的影响。台面风量主要依靠观察种子物料与其他杂质的分离状态^[19]进行调节。在实际生产中,针对一串红种子物料中杂质特点和种子长度、宽度、厚度的差别,需要对上述机械参数进行微调。

3.2 种子物料其他参数对试验的影响

经过清选后种子质量、生产效率、获选率这3个因素是种子企业需要关注的要点,但是实际生产中如果保证较高的种子质量标准就会降低生产效率和获选率;保证生产效率和获选率就会降低种子质量标准。因此需要在实际生产中不断磨合,找到平衡点;此外,清洁率、破损率也是在生产中重要参数,需要进一步深入研究来完善一串红清选体系。

4 结论

一串红种子风筛选适宜参数是振动频率417次/min,喂料速度3档,筛选2~4次;使用重力式种子清选机对一串红种子进行清选,对发芽率影响较大的因素依次是纵向倾角、振动频率;喂料速度、横向倾角。适合一串红种子重力选适宜参数是纵向倾角1°,振动频率7档350次/min,喂料速度6档,横向倾角4°,筛选2次。获选率大于94%。针对不同一串红种子物料,上述参数经过微调就可以进行清选。

参 考 文 献

- [1] 李小林,年伟,徐雨然,谷安宇,邓伟,汪伟,王建华,李建强. 水稻种子风筛精选加工中筛片组合孔径比参数研究[J]. 中国农业大学学报,2011,16(6):150-157
Li X N, Nian W, Xu Y R, Gu A Y, Deng W, Wang W, Wang J H, Li J Q. Hole ration parameters of combination of sieves on air-and-screen processing of rice seed[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(6): 150-157 (in Chinese)
- [2] 刘瑞林,宋光辉,吴晓峰,羿红霞. 林木种子风筛清选机调试与试验[J]. 农业机械与木工设备,2009,37(8):14-15
Liu R L, Song G H, Wu X X, Yi H X. Debugging and testing of forest seeds air-and-screen cleaners[J]. *Forest Machinery and Woodworking Equipment*, 2009, 37(8): 14-15 (in Chinese)
- [3] 贾莉,贾峻,盛国成. 5XF-25型复式种子清选机设计[J]. 农业工程,2013,3(6):128-130
Jia L, Jia J, Sheng G C. Design on 5XF-25 type multiple seed separator[J]. *Agricultural Engineering*, 2013, 3(6): 128-130 (in Chinese)
- [4] 胡志超,谢焕雄,计福来,王海鸥,彭宝良,田立佳. 5XZ-5型重力式精选机的研制[J]. 西北农林科技大学学报,2007,35(7):193-196
Hu Z C, Xie H X, Ji F L, Wang H O, Peng B L, Tian L J. Design of 5XZ-5 gravity separator[J]. *Journal of Northwest A and F University*, 2007, 35(7): 193-196 (in Chinese)
- [5] 张子臣,刘守林,刘华,马立峰. 5XZ-1.0型重力式种子清选机的使用维护[J]. 现代农业,2002(8):48
Zhang Z C, Liu S L, Ma H, Ma L F. Use of 5XZ-1.0 gravity separator[J]. *Modernizing Agriculture*, 2002(8): 48 (in Chinese)
- [6] 王方艳,王延耀. 5CM-135型蔬菜种子除芒机的设计与试验分析[J]. 农机化研究,2010,32(2):156-158
Wang F Y, Wang Y Y. Design and experimental analysis on awner of vegetable seed [J]. *Journals of Argricultural Mechanization Research*, 2010, 32(2): 156-158 (in Chinese)
- [7] 曾丽,赵梁军,孙强,徐小微. 超干处理与贮藏温度对一串红种子活力与生理变化的影响[J]. 中国农业科学,2006,39(10):2076-2082
Zeng L, Zhao L J, Sun Q, Xu X W. Effects of ultradrying treatment and storage temperature on vigor and physiological changes of *Salvia splendens* seeds[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(10): 2076-2082 (in Chinese)
- [8] 赵梁军,曾丽,王玉彪. 一串红商品化种子生产的基础理论与技术研究初报[J]. 北京园林,1997,39(1):8-14
Zhao L J, Zeng L, Wang Y B Basic theory and technology research on seed production of *Salvia splendens*[J]. *Landscape Architecture of Beijing*, 1997, 39(1): 8-14
- [9] 曾丽,赵梁军,苏立峰. 一串红种子发育及内含物对种子萌发的影响[J]. 中国农业大学学报,2000,5(1):35-38
Zeng L, Zhao L J, Su L F. Effects of seed development and its constituents on seed germination of *Salvia splendens* [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2000, 5(1): 35-38 (in Chinese)
- [10] 潘永飞,潘跃平,戴忠良,毛忠良,秦文斌,姚悦梅,张振超,吴国平,王建华,肖燕. 高发芽率一串红种子的栽培选种方法:中国, CN 103181291A[P]. 2013-04-02
Pan Y F, Pan Y P, Dai Z L, Mao Z L, Qin W B, Yao Y M, Zhang Z C, Wu G P, Wang J H, Xiao Y. Seed selection method of high germination rate of *Salvia splendens*: China, CN 103181291A[P]. 2013-04-02 (in Chinese)
- [11] GB2272—1999,林木种子检验规程[S]. 北京:中国标准出版社,2000
GB2272—1999, Rules for forest tree seed testing[J]. Beijing: China Criterion Publishing Company, 2000 (in Chinese)

- [12] GB5983—2013, 种子清选机试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013
GB5983—2013. Test methods for seed cleaning machine[S]. Beijing: China Criterion Publishing Company, 2013 (in Chinese)
- [13] 王书茂, 祝青园, 康峰, 王德成, 王光辉. 种子加工成套设备的计算机测控技术研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 122-125
Wang S M, Zhu Q Y, Kang F, Wang D C, Wang G H. Measuring and controlling system based on computer for seed processing equipment[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(8): 122-125 (in Chinese)
- [14] 李光提, 李汝莘, 侯存良, 迟淑筠, 潘桂菊. 基于虚拟仪器技术的重力式种子清选机监控系统的研制[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 99-103
Li G T, Li R X, Hou C L, Chi S J, Pan G J. Development of testing and controlling system for gravitational selecting machine based on virtual instrument technology [J]. *Transactions of the CSAE*, 2004, 20(4): 99-103 (in Chinese)
- [15] 侯安东, 陈大跃, 赵春宇. 多健康参数和控制方式的种子设备控制系统[J]. 农机化研究, 2014, (10): 79-83
Hou A D, Chen D Y, Zhao Y C. A control system of seeds processing machine with multiple monitoring parameters and control modes [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2014, (10): 79-83 (in Chinese)
- [16] 陈永之, 赵春宇, 朱成刚, 黄震宇. ZLX-150 型重力选种机检测控制系统设计[J]. 农机化研究, 2015, (6): 116-119
Chen Y Z, Zhao C Y, Zhu C G, Huang Z Y. The design of detection and control system for ZLX-150 seed-screening machine [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2015(6): 116-119
- [17] 李耀明, 赵湛, 陈进, 徐丽章. 风筛式清选装置上物料的非线性清选规律[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 142-147
Li Y M, Zhao Z, Chen J, Xu L Z. Nonlinear motion law of material on air-and-screen cleaning mechanism [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(11): 142-147 (in Chinese)
- [18] 袁长胜, 吴多峰, 张海燕. 种子清选机清选性能的试验研究[J]. 佳木斯大学学报: 自然科学版, 2006, 24(3): 395-397
Yuan C S, Wu D F, Zhang H Y. Experimental study on separating performance of seed cleaning machine[J]. *Journal of Jiamusi university: Natural Science Edition*, 2006, 24(3): 395-397 (in Chinese)
- [19] 王艳丰, 梁中华, 刘兆丰, 牛文祥, 尹思万. 5XFZ-30.0 型重力往复式清选机单倾斜比重筛参数的选择与试验[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 115-119
Wang Y F, Liang Z H, Liu Z F, Niu W X, Yin S W. Selection of parameters and experiment of one-way inclining gravity screen for 5XFZ-30.0 model gravity cleaner[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2004, 20(6): 115-119 (in Chinese)

责任编辑: 王燕华