

## 水稻种子风筛精选加工中筛片组合孔径比参数研究

李小林<sup>1,2</sup> 年伟<sup>2\*</sup> 徐雨然<sup>2</sup> 谷安宇<sup>1,2</sup> 邓伟<sup>2</sup> 汪伟<sup>3</sup> 王建华<sup>1</sup> 李健强<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193;

2. 云南省农业科学院 粮食作物研究所, 昆明 650205; 3. 云南广大种业有限公司, 云南 丽江 674200)

**摘要** 本研究旨在确定水稻风筛精选中筛片组合关键参数,提高加工的水稻种子的净度和发芽率,进而提高种子的使用价值和商品价值。以云南省籼稻、粳稻 2 个类型的 18 个主栽水稻品种的种子为材料,在测定其种子的粒径比基础上,用进口的 LA-LS 小型风筛精选机设备,开展风筛精选加工中不同筛片组合参数试验研究。结果表明:粳稻种子平均粒径比为 1.40,籼稻种子平均粒径比为 1.33;种子粒径比、下/上筛片孔径比(以下简称筛片孔径比)与净度及获选率之间呈线性关系;满足粳稻进行精选加工的上层筛片尺寸为 2.60 mm,下层筛片尺寸范围为 1.70~1.90 mm,最佳筛片孔径比为 0.73。适于籼稻进行精选加工的上层筛片尺寸范围为 2.25~2.60 mm,下层筛片尺寸范围为 1.50~1.90 mm,最佳筛片孔径比为 0.63。本研究获得的筛片组合关键参数在加工能力为 4 t/h 的 CIMBRIA DELTA SUPER 104 型种子加工精选设备上进行了验证,获得了加工种子质量和生产效率同步提高的效果,研究结果为水稻种子风筛精选加工和标准化处理提供了重要的技术支持。

**关键词** 水稻; 种子; 风筛精选; 净度; 获选率

中图分类号 S 511; S 871.85

文章编号 1007-4333(2011)06-0150-08

文献标志码 A

## Hole ration parameters of combination of sieves on air-and-screen processing of rice seed

LI Xiao-lin<sup>1,2</sup>, NIAN Wei<sup>2\*</sup>, XU Yu-ran<sup>2</sup>, GU An-yu<sup>1,2</sup>, DENG Wei<sup>2</sup>,  
WANG Wei<sup>3</sup>, WANG Jian-hua<sup>1</sup>, LI Jian-qiang<sup>1</sup>

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

2. Institute of Food Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China;

3. Yunnan Guangda Seed Co. Ltd, Lijiang 674200, China)

**Abstract** The study was aimed at finding out the seed processing key parameters of combination of sieve on air-and-screen to improve the value of processed rice seed by increasing purity and germination percentage. The rice seeds of 18 mainly cultivated varieties of indica and japonica were collected in Yunnan province. On the basis of the seed size being measured, the key parameters were studied by utilizing the combination of processing sieve with different hole size at the LA-LS small type air-screen separation machine imported. The results showed that the average rice seed size of japonica is 1.40, and of indica is 1.33. It was found that the seed size, the combination of sieves with different hole size, the seed purity and the separation rate were linearly correlated. For Japonica rice finely separating, the hole size of the top sieve was 2.60 mm, the hole size range of bottom sieve was 1.70 - 1.90 mm. The optimal sieve hole ration of top and bottom sieve was 0.73. For indica rice seed finely separating, the top sieve hole size range was 2.25 - 2.60 mm, for the bottom sieve hole was 1.50 - 1.90 mm, and the optimal sieve hole ration of top and bottom sieve was 0.63. The separating technical parameter from this study was tested by industrial seed processing machine CIMBRIA DELTA SUPER 104 which can process 4 t/h of rice seeds. The test results proved the validity of key parameters of combination of sieve which can contribute to improve the quality and efficacy of seed processing and provide the

收稿日期: 2011-03-21

基金项目: 云南省科技创新强省计划项目省院省校科技合作专项(2008AD010)

第一作者: 李小林, 副研究员, 博士研究生, 主要从事水稻种子生产与质量控制新技术研究, E-mail: xiaolinli@163.com

通讯作者: 年伟, 助理研究员, 主要从事种子加工处理研究, E-mail: yaasfyzhx@163.com

important technical support for rice seed air-screen finely separation and standardized processing.

**Key words** rice; seed; air-and-screen processing; seed purity; separation rate

精选加工是种子产业的重要环节。良种基地生产的种子作为“半成品”,必须经过精选加工处理才能达到种子质量标准要求进而作为商品销售<sup>[1]</sup>。种子加工可以改变种子的物理特性,改进和提高种子品质,获得具有高净度、高发芽率、高活力的种子,是实现种子商品化、标准化、现代化的重要手段<sup>[2]</sup>,因此在现代农业作物生产系统中备受重视。水稻种子和其他作物种子相比,具有芒、稃毛等结构,在播种前需要进行除芒、清选等加工处理<sup>[3]</sup>。水稻是云南省主要粮食作物,由于气候生态条件的多样性,云南水稻主栽培区可以分为籼稻区、粳稻区和籼粳交错区。水稻籼、粳2个亚种的种子外观形态具有较大的差别,表现为籼稻种子细长,粳稻种子短粗;不同水稻种子具有不同的粒径比,因此在加工生产中要求风筛精选过程配备不同尺寸的筛片,选择不同筛片的优化组合,以提高加工种子的净度及获选率。国内外关于水稻种子选育、制种和生产过程管理的研究文献报道很多。国内在加工方面关于设备及加工原理研究的文献报道较多<sup>[4]</sup>,尤其突出在风筛式清选装置的创新研制方面,结合籽粒收割和种子清选开展了大量研究<sup>[5-8]</sup>;国际上对水稻种子加工过程中除芒与种子质量的关系、机械加工对提升水稻种子质量的效应均有较为系统的研究<sup>[9-10]</sup>,亦高度重视水稻种子加工过程中芒、颖壳等废料通过水解获得食品成分以及该过程的环境、能量和经济效应<sup>[11-12]</sup>。到目前为止,鲜有水稻种子风筛精选加工实践中筛片组合关键参数的研究报道。为此,本项研究以云南省主栽的籼稻、粳稻类型的18个主栽水稻品种的种子为材料,在进口的LA-LS小型风筛精选机设备上上进行风筛精选试验,从种子粒径比、筛片孔径比、净度及获选率等方面开展风筛精选加工关键参数试验研究,探讨了几个关键因素之间的相互关系,并在4 t/h的CIMBRIA DELTA SUPER 104型种子加工精选生产设备上上进行验证,旨在为云南省水稻种子加工企业的生产提供理论指导和技术参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料及设备

#### 1.1.1 供试水稻品种及类型

粳稻:选自产于云南省海拔1 000 m以下三系

杂交粳稻品种2个,海拔1 800~1 900 m的常规粳稻品种6个,计8个品种。

籼稻:选自产于云南省及四川省海拔400~600 m的三系杂交籼稻品种6个;湖北省海拔300~400 m的两系杂交籼稻品种1个;云南省地方常规籼稻品种3个,计10个品种。

上述粳稻、籼稻共计18个水稻品种种子的名称、种子类型、产地、海拔高度等信息见表1。

#### 1.1.2 试验设备

选用丹麦WESTRUP集团公司生产的LA-LS小型风筛精选机,搭配1.50~3.00 mm尺寸的长孔筛。该型号风筛精选机配有上、下两层可更换筛片,每层筛片对应一个出料口,上筛片出料口排出大于筛孔尺寸的物料(包括种子和其他杂质);下筛片的筛上物从主出料口排出,而筛下物从下筛片出料口排出,为尺寸小于筛片孔径的物料(包括厚度小于筛片尺寸的杂质和种子)。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 种子基本参数测定

开始试验前,以3.00和1.00 mm长孔筛组成套筛,对每份供试样品进行初选,除去枝梗和灰尘。以初选的种子作为供试样品,对设备主出料口的初选种子进行采样:采样5次,每次100 g,共计500 g,充分混合均匀后随机取样。样品用日本凯特公司生产的KETT PM-600型种子水分测量仪测量水分含量,重复3次,取平均值。于500 g样品中随机挑选100粒完整籽粒,用卡尺测量其宽度和厚度,取平均值后用宽度和厚度的比值作为种子的粒径比。

#### 1.2.2 风筛精选筛片组合试验

根据水稻种子的特征以及前期预备试验结果,本次试验固定LA-LS小型风筛精选机的振动频率为430 r/min,风速固定为11 m/s。另根据LA-LS小型风筛精选机配套的筛片规格,上筛片宽度尺寸选定范围为2.25~2.80 mm,下筛片宽度尺寸选定范围为1.50~2.20 mm。试验选用的长孔筛有长和宽2个量度,由于筛孔的长度大于水稻种子的长度,所以只有筛孔宽度起筛选作用。因此,根据水稻种子不同的粒径比,以及杂质的大小尺寸,设计4组不同上、下筛片尺寸的组合进行风筛精选试验。将初选后不同品种的种子每次取1 kg样品,进行风筛

表1 18个水稻品种种子的基本信息及含水率和粒径比

Table 1 General seed information of 18 cultivated rice varieties and their moisture content and particle diameter ratio

编号	品种名称	品种类别	产地	产地海拔/m	含水率/%	粒径比
1	靖粳8号	常规粳稻原原种	云南省沾益县	1 860	13.1	1.46
2	靖粳10号	常规粳稻原原种	云南省沾益县	1 860	13.3	1.25
3	靖粳16号	常规粳稻原原种	云南省沾益县	1 860	12.7	1.38
4	楚粳26	常规粳稻种	云南省楚雄市	1 800~1 850	13.8	1.41
5	楚粳27	常规粳稻种	云南省楚雄市	1 800~1 850	13.7	1.47
6	楚粳28	常规粳稻种	云南省楚雄市	1 800~1 850	13.8	1.41
7	滇优35	三系杂交粳稻 F <sub>1</sub> 代种	云南省景谷县	910	13.0	1.36
8	滇杂31	三系杂交粳稻 F <sub>1</sub> 代种	云南省景谷县	910	13.3	1.45
9	版纳10号	常规糯粳稻种(地方种)	云南省景洪市	560	13.2	1.55
10	博绿矮	常规稻种(地方种)	云南省景洪市	560	16.0	1.60
11	毫岩庄	常规粳稻种(地方种)	云南省景洪市	560	13.5	1.21
12	云光14	两系杂交籼稻 F <sub>1</sub> 代种	湖北省仙桃市	300~350	12.8	1.22
13	冈优827	三系杂交籼稻 F <sub>1</sub> 代种	四川省洪雅县	450	12.9	1.38
14	富优80	三系杂交籼稻 F <sub>1</sub> 代种	云南省水富县	600	12.8	1.32
15	冈优361	三系杂交籼稻 F <sub>1</sub> 代种	四川省洪雅县	450	13.3	1.41
16	金谷202	三系杂交籼稻 F <sub>1</sub> 代种	四川省洪雅县	450	12.4	1.16
17	协优527	三系杂交籼稻 F <sub>1</sub> 代种	四川省洪雅县	450	12.8	1.18
18	D优202	三系杂交籼稻 F <sub>1</sub> 代种	四川省洪雅县	450	12.8	1.31

精选,精选完后依次记录主物料出口、上筛片物料出口、下筛片物料出口和风选出口的物料质量,每次筛选试验结束后,彻底清洁筛片上夹杂的残留物料和每个出料口,再进行下一轮试验。每组筛片尺寸组合重复测定3次。

### 1.2.3 净度测定

经1.2.2所述过程风筛精选后,将主出料口的物料除去枝梗、米粒、不完整粒及各类轻杂、空瘪粒后,剩余好种子的质量占主出料口全部物料质量的百分比作为本次试验的种子净度,每个不同尺寸筛片组合重复测定3次,以其平均值表示净度测定结果。

### 1.2.4 获选率测定

经1.2.2所述风筛精选后,测定主出料口好种子及各出口好种子的质量,以主出料口好种子质量占有出口好种子质量的百分比作为获选率,每个不同尺寸筛片组合重复测定3次,以其平均值表示获选率测定结果。

### 1.2.5 优化孔径比参数的效果验证

使用丹麦兴百利(CIMBRIA)集团生产、加工能力为4 t/h的CIMBRIA DELTA SUPER 104型种子风筛精选机,验证通过LA-LS小型风筛精选机筛片组合试验获得的最佳筛片组合优化参数,以及净

度、获选率等指标,评价在种子风筛精选加工关键参数对提高水稻种子加工质量和生产效率的效果。

### 1.2.6 数据分析

采用DPS 7.05数据统计分析软件,对水稻种子粒径比、筛片孔径比、净度平均值、获选率平均值用一元非线性回归数学模型进行统计分析,探讨种子粒径比、筛片孔径比与净度、获选率之间的相互关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子水分含率及粒径比

18份供试水稻种子的水分含率、粒径比测定结果(表1)。多数试验用水稻种子来自不同海拔高度,无论是常规粳稻原原种、常规粳稻种、三系杂交粳稻 F<sub>1</sub> 代种、常规糯粳稻种(地方种)、常规粳稻种(地方种)、两系杂交籼稻 F<sub>1</sub> 代种、三系杂交籼稻 F<sub>1</sub> 代种等类型,其在进入风筛精选加工环节前,水分含量均在12.4%~13.8%之间,符合水稻种子加工前的水分含量要求;仅有来自云南省景洪市(产地海拔高度为560 m)的博绿矮水分含量达到16.0%。18份供试水稻种子的粒径比分布在1.16(金谷202)~1.60(博绿矮)之间。供试水稻种子的水分含量、粒径比取决于种子加工前的干燥程度和品种自身的遗

传特性，与产地和海拔高度无直接相关性。

### 2.2 种子净度及获选率

按照试验设计，在 LA-LS 小型风筛精选机设备上  
上进行风筛精选试验，每份样本 4 组不同尺寸筛片

组合的风筛精选结果见表 2。以上筛片宽度尺寸设定为 2.25~2.80 mm，下筛片宽度尺寸设定为 1.50~2.20 mm 进行 4 组不同的上、下筛片尺寸的筛片组合精选试验中，除滇杂 31、版纳 10 号、冈优

表 2 18 个水稻品种种子筛选后的净度及获选率

Table 2 Seed purity and percentage of chosen seed for 18 cultivated rice varieties

编号	品种	上筛片	下筛片	下/上筛片孔 径比	净度	获选率	编号	品种	上筛片	下筛片	下/上筛片孔 径比	净度	获选率
		尺寸/ mm	尺寸/ mm		平均值/ %	平均值/ %			尺寸/ mm	尺寸/ mm		平均值/ %	平均值/ %
1	靖粳 8 号	2.60	1.90	0.73	98.5	96.7	10	博绿矮	2.40	1.70	0.71	98.3	96.9
		2.40	1.70	0.71	98.1	89.0			2.40	1.90	0.79	98.7	92.0
		2.80	2.20	0.79	98.9	70.0			2.25	1.90	0.84	99.3	89.5
		2.60	1.50	0.58	97.2	94.4			2.60	1.50	0.58	98.4	98.0
2	靖粳 10 号	2.60	1.90	0.73	96.8	96.5	11	毫岩庄	2.40	1.70	0.71	99.0	96.1
		2.60	1.70	0.65	98.4	97.9			2.40	1.50	0.63	99.2	97.3
		2.40	1.50	0.63	96.7	70.4			2.25	1.70	0.76	99.4	90.9
		2.80	2.20	0.79	98.2	87.6			2.25	1.50	0.67	99.2	93.3
3	靖粳 16 号	2.40	1.70	0.71	94.9	59.2	12	云光 14	2.25	1.70	0.76	98.2	97.6
		2.60	1.90	0.73	97.6	95.6			2.25	1.50	0.67	98.0	97.3
		2.60	1.50	0.58	97.1	95.2			2.20	1.70	0.77	98.5	96.0
		2.80	2.20	0.79	98.1	91.1			2.20	1.50	0.68	97.9	95.4
4	楚粳 26	2.40	1.90	0.79	98.78	55.0	13	冈优 827	2.60	1.90	0.73	87.5	78.6
		2.60	1.90	0.73	98.5	97.2			2.40	1.70	0.71	89.1	87.3
		2.80	2.20	0.79	98.6	86.8			2.40	1.50	0.63	90.3	88.4
		2.60	1.70	0.65	98.7	97.4			2.25	1.70	0.76	93.3	91.1
5	楚粳 27	2.60	1.90	0.73	99.0	96.5	14	富优 80	2.40	1.70	0.71	99.5	98.9
		2.40	1.90	0.79	99.3	63.0			2.25	1.90	0.84	99.7	95.0
		2.60	1.70	0.65	98.7	98.3			2.40	1.50	0.63	99.6	99.6
		2.80	2.20	0.79	99.5	84.4			2.25	1.70	0.76	99.2	98.7
6	楚粳 28	2.60	1.90	0.73	98.9	95.8	15	冈优 361	2.60	1.90	0.73	96.9	96.0
		2.40	1.70	0.71	98.1	92.2			2.40	1.70	0.71	96.1	95.1
		2.40	1.90	0.79	98.8	91.9			2.50	1.50	0.60	94.2	45.5
		2.60	1.50	0.58	97.4	97.4			2.40	1.90	0.79	96.8	93.9
7	滇优 35	2.60	1.90	0.73	99.1	98.1	16	金谷 202	2.25	1.70	0.76	94.7	86.8
		2.60	1.70	0.65	98.8	98.2			2.40	1.90	0.79	94.9	54.4
		2.40	1.50	0.63	98.9	77.0			2.40	1.50	0.63	92.7	84.4
		2.60	2.40	0.92	99.2	97.5			2.60	1.70	0.65	95.8	85.1
8	滇杂 31	2.60	1.90	0.73	96.7	89.5	17	协优 527	2.40	1.70	0.71	94.5	93.2
		2.80	2.20	0.79	93.7	69.7			2.40	1.90	0.79	95.7	90.0
		2.60	1.70	0.65	91.5	90.8			2.25	1.70	0.76	95.3	93.5
		2.40	1.50	0.63	92.0	53.0			2.60	1.90	0.73	97.0	90.2
9	版纳 10 号	2.40	1.90	0.79	93.0	92.3	18	D 优 202	2.40	1.70	0.71	96.5	95.6
		2.25	1.70	0.76	91.1	74.0			2.40	1.50	0.63	97.6	97.1
		2.40	1.50	0.63	95.7	95.2			2.50	1.50	0.60	97.0	96.5
		2.60	1.50	0.58	95.1	94.7			2.60	1.90	0.73	97.8	88.1

827、冈优 361 和金谷 202 外,其余 13 个供试品种都获得了净度平均值大于 97% 的筛片组合。滇杂 31、版纳 10 号、冈优 827、冈优 361 和金谷 202 的筛片组合试验中,净度平均值最高也达到 96.7%、95.7%、93.3%、96.9% 和 95.8%。各品种不同尺寸的 4 组筛片组合精选试验中,表现出如下特征:

1) 上、下筛片不同尺寸组合在同一品种试验中获选率平均值差异很小,变幅在 5% 以内。如云光 14 的 4 个组合试验获选率平均值为 95.4%~97.6%,富优 80 为 95.0%~99.6%。

2) 上、下筛片不同尺寸组合在同一品种试验中获选率平均值差异较大,变幅在 20%~30% 之间。如靖粳 10 号的 4 个组合试验获选率平均值为 70.4%~97.9%,靖粳 8 号为 70.6%~96.7%。

3) 上、下筛片不同尺寸组合在同一品种试验中获选率平均值差异很大,变幅大于 30%。如冈优 361 为 45.5%~96.0%,滇杂 31 为 53.0%~90.8%。

4) 除金谷 202 在 4 组筛片组合精选试验中获选率平均值最高仅为 86.8% 外,其余 17 个品种都获得

了获选率平均值高于 90.8% 的筛片尺寸优化组合。

## 2.3 种子粒径比与净度、获选率的关系

种子籽粒大小常以长度、宽度及厚度 3 个尺寸来表示,水稻种子为扁长形种子,其长度>宽度>厚度,种子在风筛机振动的情况下可侧立起来以厚度的方向从筛孔落下,所以在种子与杂质分离时,种子的长度和宽度不起作用,只有按厚度分离。种子厚度大于筛孔宽度的留在筛面上,小于筛孔宽度的落于筛下。因此不同水稻种子的粒径比决定了风筛精选过程中上筛片、下筛片的尺寸范围和不同组合的基本要求。

使用 DPS 软件中的一元非线性回归数学模型,以种子粒径比作为自变量对 18 个品种的平均净度及平均获选率进行统计分析,结果表明种子粒径比与净度及获选率均为线性关系(图 1),线性关系如下。

$Y=97.616-0.539X$ ;  $Y$  为平均净度;  $X$  为不同水稻种子粒径比,  $P=0.6224$ ;  $R^2=0.2260$

$Y_1=96.714-5.814X$ ;  $Y_1$  为平均获选率;  $X$  为不同水稻种子粒径比,  $P=0.4022$ ;  $R^2=0.4596$

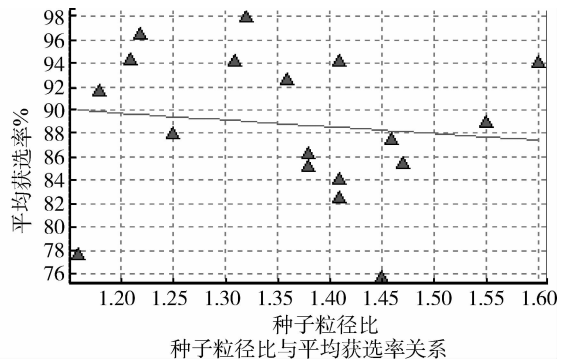
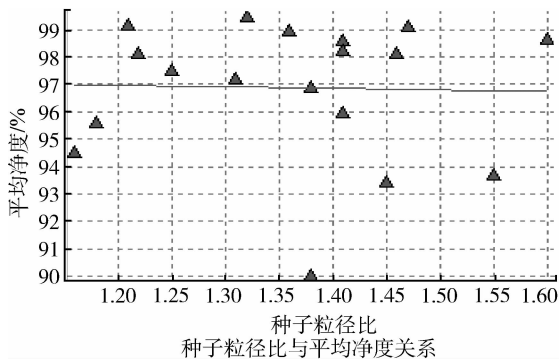


图 1 水稻种子粒径比和平均净度(左)、平均获选率(右)的关系

Fig. 1 Linear relationship between particle diameter ratio of rice seed and seed purity (left), percentage of chosen seed (right)

由分析结果可知,在筛片组合固定其他参数一致的情况下,随着种子粒径比的增加,水稻种子风筛精选加工的平均净度及获选率都呈下降趋势。

## 2.4 筛片组合与净度、获选率的关系

从每一组样本 4 次测定结果中,选取最佳净度及对应的筛片尺寸比例,结果见表 3。由上下两层筛片组成的筛套,在精选分离时,筛孔尺寸的选择对于杂质的除净率和种子的获选率有极大的影响,一般的做法是上筛用于除去大的杂质,让种子通过筛片,杂质留在筛面上从上筛片杂质出口排出,上筛片

孔径越小,大杂除去越多,利于种子净度增加,但获选率下降。小的杂质从下层筛片通过,下层筛片的尺寸越大,小杂去除越多,种子净度提高,但种子的淘汰量也随之增加,获选率也随之下落,因此筛片孔径比是决定最佳净度及获选率的关键因素。以筛片孔径比为自变量,对净度及获选率进行一元非线性回归分析表明,对于同一种子,筛片孔径比与净度呈正相关的关系,与获选率负相关。即筛片孔径比增大,种子的净度增加,而获选率下降。

使用 DPS 软件中的一元非线性回归数学模型,

表 3 18 个水稻品种的最佳净度、最佳获选率对应的筛片孔径比

Table 3 Optimal sieve hole ration of 18 cultivated rice varieties for improving seed purity and percentage of chosen seed

品 种	下/上筛片 孔径比	最佳 净度/%	下/上筛片 孔径比	最佳 获选率/%	品 种	下/上筛片 孔径比	最佳 净度/%	下/上筛片 孔径比	最佳 获选率/%
靖粳 8 号	0.79	98.9	0.73	96.7	博绿矮	0.84	99.3	0.58	98.0
靖粳 10 号	0.65	98.4	0.65	97.9	毫岩庄	0.76	99.4	0.63	97.3
靖粳 16 号	0.79	98.1	0.73	95.6	云光 14	0.77	98.5	0.76	97.6
楚粳 26	0.65	98.7	0.65	97.4	冈优 827	0.76	93.3	0.76	91.1
楚粳 27	0.79	99.5	0.65	98.3	富优 80	0.84	99.7	0.63	99.6
楚粳 28	0.73	98.8	0.73	97.4	冈优 361	0.73	96.9	0.73	96.0
滇优 35	0.92	99.2	0.73	98.2	金谷 202	0.65	95.8	0.76	86.8
滇杂 31	0.73	96.7	0.73	90.8	协优 527	0.73	97.0	0.76	93.5
版纳 10 号	0.63	95.7	0.63	95.2	D 优 202	0.73	97.8	0.63	97.1

以下/上筛片孔径比作为自变量对 18 个品种的最佳净度及最佳获选率进行统计分析,结果表明筛片孔径比与净度及获选率均为线性关系(图 2)。其线性关系如下:

$$Y_2 = 0.902 + 0.102X_1$$

$Y_2$  为净度;  $X_1$  为下/上筛孔孔径比,  $P=0.0562$ ;  $R^2=0.2095$

$$Y_3 = 1.071 - 0.137X_1$$

$Y_3$  为获选率;  $X_1$  为下/上筛孔孔径比,  $P=0.0164$ ;  $R^2=0.3099$

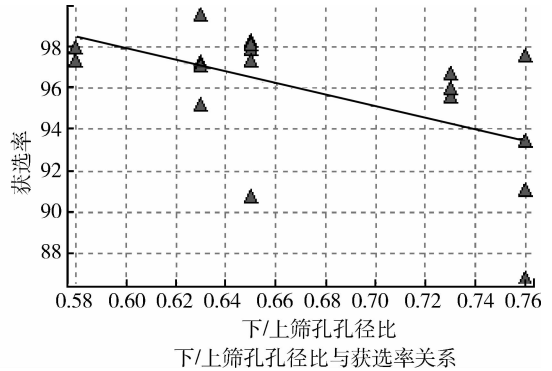
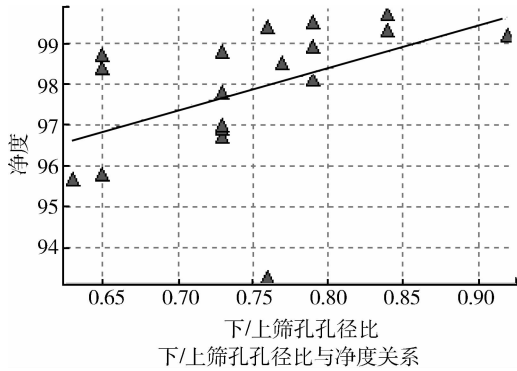


图 2 筛片孔径比与净度(左)、获选率(右)的关系

Fig. 2 Liner relationship between sieve hole ration and seed purity (left), percentage of chosen seed (right)

### 2.5 筛片孔径比优化参数的验证效果

在云南省农科院粮食作物研究所原种繁育中心加工效率为 4 t/h 的 CIMBRIA DELTA SUPER 104 型种子精选设备上,根据表 4 的参数对靖粳 16 号、滇杂 31、冈优 827 进行实际加工,用 1.2.3 和 1.2.4 的方法分别计算净度和获选率,其净度分别

提高了 0.5%、0.7%、0.9%,而获选率则分别下降了 0.8%、1.1%、1.4%。究其原因,CIMBRIA DELTA SUPER 104 的风选效果比 LA-LS 好,剔除了较多的物料。在实际生产中,可根据情况适当增大或减小上下层筛片尺寸、以及降低风速后进行回选,避免不必要的浪费。

表4 18个水稻品种净度和获选率最优化筛片尺寸及孔径比

Table 4 Optimal sieve hole size and ration of 18 cultivated rice varieties for improving seed purity and percentage of chosen seed

品种	品种类型	种子 粒径比	上筛片 尺寸/mm	下筛片 尺寸/mm	下/上筛片 孔径比	处理	净度 平均值/%	获选率 平均值/%	净度和获选率 平均值/%
靖粳8号	常规粳稻	1.46	2.60	1.90	0.73	1	98.5	96.7	97.6
靖粳10号	常规粳稻	1.25	2.60	1.70	0.65	2	98.4	97.9	98.2
靖粳16号	常规粳稻	1.38	2.60	1.90	0.73	2	97.6	95.6	96.6
楚粳26	常规粳稻	1.41	2.60	1.70	0.65	4	98.7	97.4	98.1
楚粳27	常规粳稻	1.47	2.60	1.70	0.65	3	98.7	98.3	98.5
楚粳28	常规粳稻	1.41	2.60	1.90	0.73	1	98.8	95.8	97.3
滇优35	三系杂交粳稻	1.36	2.60	1.90	0.73	1	99.1	98.1	98.6
滇杂31	三系杂交粳稻	1.45	2.60	1.90	0.73	1	96.7	89.5	93.1
版纳10号	常规籼稻	1.55	2.40	1.50	0.63	3	95.7	95.2	95.5
博绿矮	常规籼稻	1.60	2.60	1.50	0.58	4	98.4	98.0	98.2
毫岩庄	常规籼稻	1.21	2.40	1.50	0.63	2	99.2	97.3	98.3
云光14	两系杂交籼稻	1.22	2.25	1.70	0.76	1	98.2	97.6	97.9
冈优827	三系杂交籼稻	1.38	2.25	1.70	0.76	4	93.3	91.1	92.2
富优80	三系杂交籼稻	1.32	2.40	1.50	0.63	3	99.6	99.6	99.6
冈优361	三系杂交籼稻	1.41	2.60	1.90	0.73	1	96.9	96.0	96.5
金谷202	三系杂交籼稻	1.16	2.25	1.70	0.76	1	94.7	86.8	90.8
协优527	三系杂交籼稻	1.18	2.25	1.70	0.76	3	95.3	93.5	94.4
D优202	三系杂交籼稻	1.31	2.40	1.50	0.63	2	97.6	97.1	97.4

### 3 讨论

#### 3.1 水稻种子粒径比、筛片孔径比与最终净度及获选率呈线性关系

水稻种子的粒径比与净度及获选率之间都呈负相关的线性关系,但水稻种子粒径比对获选率的影响大于净度,这一点与净度、获选率的计算方法及LA-LS小型风筛精选机设计结构有关。LA-LS风筛精选机有3个物料出口,计算净度时,仅计算好种子占主出口物料质量的百分比,而获选率则是好种子占有所有出口好种子的质量百分比。在精选过程中,种子通过上、下两层筛片,大杂被排除在上层筛片以外,小杂通过下层筛片排除,一些好种子由于饱满程度与正常好种子有差异,被作为杂质排除在外。在计算时净度的绝对值变化不大,但获选率绝对值下降较为明显。因此,以种子粒径比与净度及获选率进行统计分析时,净度随粒径比的变化小于获选率的变化。

筛片孔径比对净度及获选率都呈线性关系,但随着筛片孔径比的增大,在净度增加的同时获选率下降。原因与粒径比的影响相似,下层筛片的尺寸加大,在小杂通过的同时,也有一定量的好种子由于厚度偏小而被作为杂质排除,主出料口好种子的数量减少,但下筛片物料出口的好种子比例增加。在计算时净度的绝对值增加,而获选率的绝对值下降。以筛片孔径比与净度及获选率进行统计分析时,净度与获选率的变化呈现相反的关系。

#### 3.2 试验设备其他参数的影响

本研究由于受LA-LS风筛精选机配套筛片规格不全的局限,未能以尺寸级差0.05mm进行试验,所以,具有最优化的筛选效果的筛片组合试验需要继续完善。影响风筛精选质量的其他参数还有喂料的均匀性、料层的厚度、筛面的倾角、箱体的振动频率等<sup>[3,6]</sup>,鉴于多因素的相互作用会增加试验的复杂性,因此本研究重点研究了筛片尺寸大小、筛片孔径比对筛选结果的影响,关于风筛精选机多个因

素之间的互作和影响还需进一步探讨。

### 3.3 种子风筛精选加工中废弃物料的研究

随着水稻种子风筛精选加工技术的普及和加工量的不断提高,需要重视种子加工过程中芒、颖壳等废料的利用和开发,以实现低碳、再生循环和环境保护的多重利用。Vegas 等报道了利用水稻种子除芒的废料获得食品成分<sup>[11]</sup>,Majumdar 等论述了水稻种子除芒废料工业加工的环境(environment)、能量(energy)和经济(economy)行为<sup>[12]</sup>。我国作为水稻生产大国,加速这方面的研究具有极为重要的理论价值和生产实际意义。

## 4 结 论

1)最佳筛片尺寸。基于粳稻、籼稻种子平均粒径比分别为 1.40 和 1.33,外观形态上粳稻种子显得短粗,籼稻种子较为细长,因此对粳、籼 2 个亚种的水稻种子进行风筛精选加工时,需要选择不同尺寸的筛片。适宜对粳稻进行精选的上层筛片尺寸为 2.60 mm,下层筛片尺寸范围为 1.70~1.90 mm;适宜对籼稻进行精选的上层、下层筛片尺寸范围分别为 2.25~2.60 mm、1.50~1.90 mm。

2)优化筛片组合。筛片孔径比与净度及获选率呈线性关系,是决定最终筛选净度及获选率的重要因素。粳稻种子风筛精选加工时筛片孔径比为 0.65 至 0.73 时,可获得立项的净度和获选率,以筛片尺寸比为 0.73 时最佳;对籼稻种子,筛片孔径比可以为 0.63 至 0.76,以 0.63 为最佳。

致谢 在试验研究及论文撰写中,张锦文和史胜利提供了帮助,谨致谢忱!

## 参 考 文 献

- [1] 汪桂君,郭洪君,夏培丽,等. 种子加工机械化带动种子产业化发展的思路[J]. 中国商界, 2009,184(10):174-175
- [2] 王建华,谷丹,赵光武. 国内外种子加工技术发展的比较研究[J]. 种子,2003,131(5):74-76
- [3] 赵军平,张志金,宋国全. 水稻种子加工工艺流程简介[J]. 农机使用与维修,2008(6):78
- [4] 陈兵旗,孙旭东,韩旭,等. 基于机器视觉的水稻种子精选技术[J]. 农业机械学报,2010,41(7):168-173,180
- [5] 李耀明,赵湛,陈进,等. 风筛式清选装置上物料的非线性运动规律[J]. 农业工程学报,2007,23(11):142-147
- [6] 孔德远. 风筛式清选机的工作原理及使用技术[J]. 种子世界, 2006(3):66
- [7] 李洪昌,李耀明,唐忠. 风筛式清选装置清选性能试验研究[J]. 中国农机化,2010(6):54-57
- [8] 唐忠风. 筛式清选装置中贯流风机的特性及试验研究[D]. 苏州:江苏大学, 2010
- [9] Sinha J P, Vishwakarma M K, Atwal S S, et al. De-awning, mechanical processing and seed quality in 'Pusa Basmati 1' rice (*Oryza sativa*) [J]. Indian Journal of Agricultural Sciences,2003,73 (6):347-349
- [10] Sinha J P, Vishwakarma M K, Atwal S S, et al. Quality improvement in rice (*Oryza sativa*) seed through mechanical seed processing[J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 2002,72(11):643-647
- [11] Vegas R, Alonso J L, Dominguez H, et al. Processing of rice husk autohydrolysis liquors for obtaining food ingredients[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52 (24): 7311-7317
- [12] Majumdar R, Chakraborty B, Majumdar S, et al. Industrial processing of rice husk for environment, energy and economy [J]. Journal of the Indian Chemical Society, 2007, 84 (12): 1246-1252

(责任编辑:袁文业)