

# 小区育种纵轴流脱粒分离装置试验研究

戴飞, 韩正晟\*, 张锋伟, 高爱民, 孙步功

(甘肃农业大学工学院, 甘肃兰州 730070)

**摘要:** 为获得小区育种纵轴流脱粒分离装置最佳作业参数, 依据小区育种收获机理, 通过改变影响纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置作业性能指标的4个主要作业参数: 物料喂入量、滚筒转速、脱粒间隙、吸杂风机转速, 以装置罩壳内部籽粒残留率、脱粒总损失率、分离含杂率及脱粒破碎率为评价指标进行装置作业性能试验。结合正交试验研究, 应用综合评分法得出了装置作业时各参数的最优组合, 即: 喂入量为0.3 kg/s、滚筒转速为1 600 r/min、脱粒间隙为8 mm、吸杂风机转速为1 100 r/min。按照该最优组合作业参数进行试验, 试验结果表明, 装置脱粒总损失率为0.45%、分离含杂率为16.16%、罩壳内部籽粒残留率为0.04%、脱粒破碎率为0.46%, 符合小区育种收获要求。

**关键词:** 小区育种; 轴流; 脱粒; 分离; 试验

**中图分类号:** S225 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0274-05

田间育种是人类粮食安全保障的必要手段<sup>[1-2]</sup>。田间育种的收获是育种试验获得正确结果的重要环节。育种小区收获与大田收获不同, 收获时除满足大田小麦收获作业要求外, 还必须满足无籽粒在机器内滞留、不混种、便清机的特殊要求, 故田间育种小区小麦种子收获一直是一个难题<sup>[3]</sup>。目前我国小区育种收获仍以人工收割、普通脱粒机脱粒的方式为主, 收获期较长, 贻误农时, 间接损失大, 脱粒机内部清理困难, 种子残留量大, 易造成种子混杂, 导致育种试验数据失真<sup>[4]</sup>。小区育种收获机脱粒分离装置要求高脱净, 低破碎, 无混种, 便清机<sup>[4]</sup>。为此, 课题组研制了育种小区手扶气吸梳脱清选式种子联合收获机<sup>[5]</sup>, 纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置是该收获机的核心组成部分, 装置各组成部分作业参数的选取对育种收获效果至关重要。因此, 有必要对该装置作业参数选取进行进一步优化试验研究。

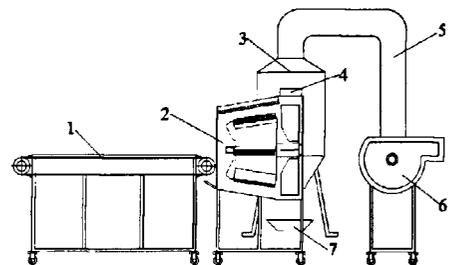
本文借助自行设计的纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置, 通过改变影响装置脱粒分离效果的主要作业参数, 进行装置作业性能(脱净率、破碎率、残留率及含杂率)试验研究, 以期获得装置各组成部分相关作业参数的最优组合。

## 1 脱粒分离装置组成及工作原理

### 1.1 装置整体组成

小区育种纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置结构如

图1所示, 主要由输送带, 纵轴流锥型滚筒脱粒装置, 旋风分离器, 扬升管道, 吸杂风机, 吸杂管道, 接粮箱等组成。



1. 输送带 Conveyer belt; 2. 纵轴流锥型滚筒脱粒装置 Longitudinal axial conical cylinder threshing unit; 3. 旋风分离器 Cyclone separator; 4. 扬升管道 Lift pipeline; 5. 吸杂管道 Gettering pipeline; 6. 吸杂风机 Gettering fan; 7. 接粮箱 Grain loading bin

图1 纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of longitudinal axial conical cylinder threshing separation unit

### 1.2 组成部件结构参数

小区育种纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置各组成部件具体结构参数选取如表1所示。

### 1.3 装置关键部件设计

纵轴流锥型滚筒脱粒装置<sup>[3,6]</sup>主要由锥型脱粒滚筒、带有纹杆脱粒元件的上罩壳、光滑下罩壳、短纹杆-板齿脱粒元件及扬谷器组成, 如图2所示。由于该纵轴流锥型滚筒脱粒装置适用于半喂入式育

收稿日期: 2012-01-05

基金项目: 国家科技部星火计划资助项目(2010GA860034); 甘肃省农牧厅资助项目“小区小麦种子收获成套技术集成推广”(0703-06); 甘肃省教育厅资助项目“小区小麦种子联合收获机的研制”(0802-03)

作者简介: 戴飞(1987-), 男, 甘肃榆中人, 硕士生, 主要从事农业工程技术与装备研究。E-mail: 442670867@qq.com。

\* 通讯作者: 韩正晟(1956-), 男, 甘肃庆阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械装备研究。E-mail: hanzhengsheng@gzau.edu.cn。

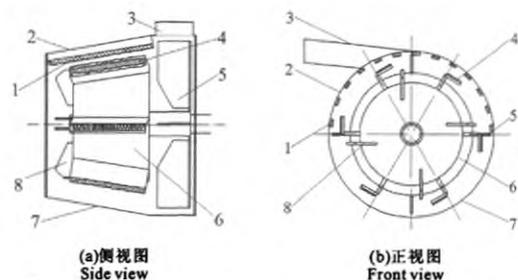
种收获机械,因此在滚筒结构设计上省去了传统脱粒滚筒所带有的凹板结构,增加了与锥型脱粒滚筒相配合使用的滚筒罩壳,罩壳结构分为上下两部分,为增强装置脱粒能力,上罩壳安装有数根螺纹杆;下

罩壳内部光滑便于脱粒物料的输送及装置内部的清机。纵轴流锥型滚筒脱粒装置整体结构紧凑,省去了传统联合收获机的机械输送部分,设置了扬谷器,主要利用其高速旋转的叶片将脱粒混合物料抛出。

表1 纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置组成部件结构参数

Table 1 Structure parameter of longitudinal axial conical cylinder threshing separation unit

参数 Parameter	数值 Numerical value
滚筒长度 Length of cylinder (mm)	210
滚筒小端面直径 Small end face diameter of cylinder (mm)	220
滚筒大端面直径 Big end face diameter of cylinder (mm)	300
滚筒锥角 Taper angle of cylinder (°)	13
短纹杆-板齿长度 Length of short-rasp-bar tooth (mm)	150
短纹杆-板齿组数 Group count of short-rasp-bar tooth	6
喂入导板数 Number of feeding guide plate	4
上罩壳纹杆间距 Separation distance of top cover rasp bar (mm)	15
上罩壳包角 Wrap angle of top cover (°)	180
下罩壳包角 Wrap angle of under cover (°)	180
旋风分离器长度 Length of cyclone separator (mm)	680
旋风分离器上端口(长×宽×高) Top entrance of cyclone separator (length×wide×high) (mm)	100×100×100
旋风分离器上锥口(小半径×大半径×高) Top taper entrance of cyclone separator (small radius×long radius×high) (mm)	100×300×80
旋风分离器下锥口(小半径×大半径×高) Under taper entrance of cyclone separator (small radius×long radius×high) (mm)	180×300×80
旋风分离器喂入口大小(长×宽) Dimensions entrance of cyclone separator (length×wide) (mm)	100×65
旋风分离器喂入口位置 Location entrance of cyclone separator (mm)	395



1. 罩壳纹杆 Cover rasp bar; 2. 上罩壳 Top cover; 3. 扬升管道 Lift pipeline; 4. 短纹杆-板齿 Short-rasp-bar tooth; 5. 扬谷器 Winnowing; 6. 锥型脱粒滚筒 Conical threshing cylinder; 7. 下罩壳 Under cover; 8. 喂入导板 Feeding guide plate

图2 纵轴流锥型滚筒脱粒装置示意图

Fig.2 Schematic diagram of the longitudinal axial conical cylinder threshing unit

#### 1.4 脱粒分离装置工作原理

借助装置进行试验时,将成熟、饱满、易脱粒的小麦穗头均匀铺放在输送带上<sup>[7]</sup>,在锥型滚筒喂入导板的作用下快速进入脱粒装置内部,通过短纹杆-板齿锥型脱粒滚筒与上罩壳脱粒纹杆的共同作用

将小麦脱粒,脱出混合物料在锥型滚筒的作用下向后螺旋轴向输送,并在后置扬谷器的高速气流作用下经扬升管道抛入旋风分离器。脱出混合物料在分离器内旋转气流的作用下,受离心力较大的籽粒沿筒壁向下运动落至接粮箱,较轻的颖糠和短茎秆悬浮于分离器中心,并随上行气流经吸杂管道及吸杂风机排出,实现籽粒与颖糠等杂物分离<sup>[8]</sup>。

## 2 试验方案设计与分析

### 2.1 试验材料与方法

试验材料为甘肃省农科院育种小区小麦种子,品种为陇春23号,籽粒千粒质量41.2g,籽粒含水率17.4%。由于试验所应用的纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置适合于半喂入式小区育种收获机,因此,试验时喂入滚筒的物料均为小麦穗头,长度在12~15cm之间<sup>[3-4]</sup>。

试验过程中,选取物料喂入量、滚筒转速、脱粒间隙、吸杂风机转速4个参数作为试验因素<sup>[7-8]</sup>,通过改变输送带的不同运动速度,来改变装置喂入量(0.3kg/s、0.4kg/s、0.5kg/s)的大小;应用变频电机

实现滚筒转速(1 500 r/min、1 550 r/min、1 600 r/min)与吸杂风机转速(1 000 r/min、1 050 r/min、1 100 r/min)的调整;更换不同高度的短纹杆-板齿脱粒部件,进行装置脱粒间隙(8 mm、11 mm、14 mm)的调整。根据小区种子收获机理要求,结合采用正交试验设计,应用综合评分法<sup>[9]</sup>得到纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置各组成部件作业参数的最优组合。为符合小区育种脱粒分离装置内部无种子滞留,兼顾脱粒损失率、破碎率及分离含杂率的作业要求<sup>[4]</sup>及参

照《农业机械试验条件测定方法的一般规定》(GB/T5262-2008)和《脱粒机试验方法》(GB/T5982-2005)的测定指标<sup>[10]</sup>,试验选取脱粒总损失率(未脱损失率和夹带损失率)、分离物料含杂率、罩壳内部籽粒残留率及脱粒破碎率为装置作业性能评价指标。

## 2.2 试验结果与分析

采用多因素正交进行试验安排,试验重复 3 次,试验安排及结果如表 2 所示。

表 2 脱粒分离装置作业性能试验方案与检测结果

Table 2 Performance testing scheme and testing results of threshing separation unit

试验序号 Test serial number	参数因素 Parameter factor				试验评价指标 Test evaluation index			
	脱粒间隙 Threshing clearance (mm)	滚筒转速 Rotate speed of cylinder (r/min)	吸杂风机转速 Rotate speed of gettering fan (r/min)	喂入量 Feed quantity (kg/s)	脱粒总损失率 Total loss of threshing (%)	分离含杂率 Trash content of separation (%)	罩壳籽粒残留率 Residued rate of shell internal (%)	脱粒破碎率 Threshing broken rate (%)
1	8	1500	1000	0.3	0.49	18.64	0.12	0.61
2	8	1550	1050	0.4	0.56	18.53	0.11	0.55
3	8	1600	1100	0.5	0.62	17.45	0.06	0.49
4	11	1500	1050	0.5	0.55	19.32	0.19	0.58
5	11	1550	1100	0.3	0.58	16.28	0.08	0.51
6	11	1600	1000	0.4	0.64	19.15	0.05	0.56
7	14	1500	1100	0.4	0.59	16.87	0.16	0.55
8	14	1550	1000	0.5	0.63	20.13	0.14	0.52
9	14	1600	1050	0.3	0.65	17.46	0.03	0.48

由表 2 试验结果可以看出,当对纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置作业性能指标的 4 个主要作业参数进行改变时,装置脱粒损失率在 0.49%~0.65%之间,分离含杂率在 16.28%~20.13%之间,罩壳籽粒残留率在 0.03%~0.19%之间,脱粒破碎率在 0.48%~0.61%之间。当滚筒转速为 1 600 r/min,其余作业参数变化时,罩壳内部籽粒残留率处在最低范围内,仅为 0.03%~0.06%;当脱粒间隙为 8 mm,喂入量为 0.3 kg/s 时,脱粒总损失率最低为 0.49%,但此时脱粒破碎率最大为 0.61%,可以看出装置脱粒损失率与破碎率成反比;吸杂风机转速的选取与装置分离含杂率密切相关,当风机转速由 1 000 r/min 增加至 1 100 r/min 时,装置分离含杂率均有所降低。

对于多指标试验分析应用综合评分法,其中因素 A:脱粒间隙(mm),因素 B:滚筒转速(r/min),因素 C:吸杂风机转速(r/min),因素 D:喂入量(kg/s);试验指标为罩壳籽粒残留率(%)、脱粒总损失率(%)、脱粒破碎率(%)、分离含杂率(%)分别设为 a、b、c、d。

小区育种收获与大田不同,依照小区种子联合

收获高脱净、低破损、防混种、便清机的作业机理要求,对于纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置而言,首先应尽量降低或避免装置罩壳籽粒残留;其次,必须保证装置脱粒总损失率与脱粒破碎率的降低;在此基础上,可降低育种小麦分离籽粒含杂率。因此,按照要求将试验指标量化,罩壳籽粒残留率评 6 分,脱粒总损失率与脱粒破碎率均为 4 分,分离含杂率评 2 分(由于分离含杂率较其余三种因素在数量级上均大 100 倍,不具有可比性,因此将分离含杂率均乘以 0.01 系数获得同等数量级并带入公式计算)。每项试验总分应用式(1)进行计算,由于试验指标都是以减小到最低为佳,所以最优方案参数应结合式(2)计算评分并进行极差比较选取。

$$P_i = 6a_i + 4 \times (b_i + c_i) + 2 \times 0.01d_i \quad (1)$$

$$P_A = \min\{P_i\} \quad (2)$$

式中, $P_A$ 为试验最优参数得分; $P_i$ 为第*i*次试验总分, $i = 1, 2, \dots, 9$ ;  $a_i$ 为第*i*次试验罩壳籽粒残留率(%), $i = 1, 2, \dots, 9$ ;  $b_i$ 为第*i*次试验脱粒总损失率(%), $i = 1, 2, \dots, 9$ ;  $c_i$ 为第*i*次试验脱粒破碎率(%), $i = 1, 2, \dots, 9$ ;  $d_i$ 为第*i*次试验分离含杂率(%), $i = 1, 2, \dots, 9$ 。

通过应用综合评分法由表3中极差大小可以看出,影响纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置作业性能的因素主次顺序是:滚筒转速、喂入量、脱粒间隙、吸杂风机转速;装置作业时各参数的最优组合为:  $A_1 B_3$

$C_3 D_1$ , 即脱粒间隙为 8 mm、滚筒转速为 1 600 r/min、吸杂风机转速为 1 100 r/min、喂入量为 0.3 kg/s。

表3 综合评分法试验结果

Table 3 Test result of comprehensive evaluation method

试验号 Test serial number	因素 Factor				试验评价指标结果 Result of test evaluation index				综合评分 Comprehensive evaluation (P)
	1	2	3	4	脱粒总损失率 Total loss of threshing (%) (b)	分离含杂率 Trash content of separation (%) (d)	单壳籽粒残留率 Residued rate of shell internal (%) (a)	脱粒破碎率 Residued rate of shell internal (%) (c)	
	A	B	C	D					
1	1	1	1	1	0.49	18.64	0.12	0.61	5.49
2	1	2	2	2	0.56	18.53	0.11	0.55	5.47
3	1	3	3	3	0.62	17.45	0.06	0.49	5.15
4	2	1	2	3	0.55	19.32	0.19	0.58	6.05
5	2	2	3	1	0.58	16.28	0.08	0.51	5.17
6	2	3	1	2	0.64	19.15	0.05	0.56	5.48
7	3	1	3	2	0.59	16.87	0.16	0.55	5.86
8	3	2	1	3	0.63	20.13	0.14	0.52	5.84
9	3	3	2	1	0.65	17.46	0.03	0.48	5.05
$k_1$	5.370	5.800	5.603	5.237					
$k_2$	5.567	5.493	5.523	5.603					
$k_3$	5.583	5.227	5.393	5.680					
极差 Range	0.213	0.573	0.210	0.443					
最优方案 Optimal decision	$A_1$	$B_3$	$C_3$	$D_1$					

### 2.3 最优组合试验

应用2.1中所选用的试验材料及方法,将锥型滚筒脱粒间隙调整为 8 mm、滚筒转速为 1 600 r/min、吸杂风机转速为 1 100 r/min、麦穗喂入量为 0.3 kg/s,进行纵轴流脱粒分离装置作业性能试验验证。试验结果表明,应用该最优组合作业参数进行试验时,装置脱粒总损失率为 0.45%、分离物料含杂率为 16.16%、单壳内部籽粒残留率为 0.04%及脱粒破碎率为 0.46%,各项试验评价指标符合装置作业性能要求;装置内部籽粒残留量小,无需人工停机清机,脱出混合物分离籽粒含杂率低,实现了育种籽粒的高脱净、低破碎,保证了育种试验数据的可靠性,能够提高小区育种收获机的工作效率和作业质量,满足小区育种收获要求。

## 3 结论

1) 依照小区育种收获机械符合高脱净,低破碎,无混种,便清机的收获要求,通过改变影响纵轴流锥型滚筒脱粒分离装置作业性能指标的 4 个主要

作业参数,以装置罩壳内部籽粒残留率、脱粒总损失率、分离含杂率及脱粒破碎率为评价指标进行装置作业性能试验。通过正交试验研究,应用综合评分法得出了装置作业时各参数的最优组合,即:喂入量为 0.3 kg/s、滚筒转速为 1 600 r/min、脱粒间隙为 8 mm、吸杂风机转速为 1 100 r/min。

2) 以该最优组合作业参数进行试验,试验结果表明,装置脱粒总损失率为 0.45%、分离物料含杂率为 16.16%、单壳内部籽粒残留率为 0.04%及脱粒破碎率为 0.46%,各项试验评价指标符合装置作业性能要求,满足小区育种收获要求。

### 参考文献:

- [1] 王长春.田间育种试验机械化的发展[J].世界农业,2001,(4): 43-44.
- [2] 汪慧华.精细农业发展与工程技术创新[J].农业工程学报,1999,15(1):1-8.
- [3] 戴飞,高爱民,孙伟,等.纵轴流锥型滚筒脱粒装置设计与试验[J].农业机械学报,2011,42(1):74-78.
- [4] 高爱民,戴飞,孙伟,等.小区小麦育种收获机锥型脱粒滚

- 筒性能试验研究[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 22-26.
- [5] 赵春花, 韩正晨, 曹致中. 育种小区手扶气吸梳脱清选式种子联合收获机的研制[J]. 中国农机化, 2010, (4): 64-67.
- [6] 张海军. 小区小麦种子联合收获机的研究与设计[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [7] 徐立章, 李耀明, 李洪昌, 等. 纵轴流脱粒分离-清选试验台设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(12): 76-79, 134.
- [8] 敬志臣, 韩正晨, 高爱民, 等. 小区小麦联合收获机清选系统的仿真分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2010, 45(3): 140-144.
- [9] 陈 魁. 试验设计与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [10] 李耀明, 李洪昌, 徐立章, 等. 短纹杆-板齿式轴流脱粒分离装置性能试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(7): 88-92.
- [11] 李耀明, 徐立章, 杨秀景, 等. 油菜轴流脱粒滚筒性能对比试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(8): 86-89.

## Experiment on longitudinal axial conical cylinder threshing separation unit for plot breeding

DAI Fei, HAN Zheng-sheng\*, ZHANG Feng-wei, GAO Ai-min, SUN Bu-gong  
(College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** In order to obtain the working parameters of longitudinal axial conical cylinder threshing separation unit for plot breeding, an experiment was conducted in the light of plot seed harvest mechanism, by changing 4 main operational parameters (feed quantity, rotate speed of cylinder, threshing clearance, rotate speed of getting fan) which influenced the unit performance indexes, with the residued rate of shell internal, the total loss rate, the trash content of cleaning rate and the broken rate as evaluating indicators. Through the orthogonal experiments, application overall rating method to obtain the optimal combination working parameters (feed quantity: 0.3 kg/s, rotate speed of cylinder: 1 600 r/min, threshing clearance: 8 mm, rotate speed of getting fan: 1 100 r/min) of the unit. Measured with the optimal combination of operational parameters, the experimental results showed that, the total loss rate was 0.45%, the trash content of cleaning rate was 16.16%, the residued rate of shell internal was 0.04%, and the broken rate was 0.46%, which could meet the demand of plot seed harvest.

**Keywords:** plot breeding; axial flow; threshing; separation; experiment

(上接第266页)

## Simulation of change trend of crop yields under different climate change scenarios in Northeast and North China

ZHANG Jian-ping<sup>1</sup>, ZHAO Yan-xia<sup>2</sup>, WANG Chun-yi<sup>2</sup>, WANG Jing<sup>3</sup>

(1. Chongqing Institute of Meteorological Sciences, Chongqing 401147, China;

2. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China;

3. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract:** The regional climate models PRECIS and RegCM3 and the crop growth model WOFOST were combined to simulate the changes in crop yields under different climate change scenarios in the future 40a. The preliminary results show that there is a decrease trend in maize yield at southwest part of Northeast China in view of the average values from 2011—2050, and the highest reduction was distributed at the areas of Baicheng, Tongyu in the west part of Jilin province under the three climate change scenarios. There is also a decrease trend in wheat yield in the east part of Hebei province and in the east part of Shandong province, and the highest reduction was distributed at Beijing and Tianjin and its east parts under the REA scenario. The reduction trend was also occurred at middle and east parts of Hebei province and in the east part of Shandong province and the south part of Henan province, and the highest reduction was distributed at Tianjin and the area east of it and the east part of Shandong province under the scenarios A2 and B2.

**Keywords:** climate change scenarios; crop growth model; yield; change trend; simulation