

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.08.016

油菜分段收获脱粒清选试验*

吴崇友^{1,2} 丁为民¹ 张敏² 石磊² 卢晏² 余山山²

(1. 南京农业大学工学院, 南京 210031; 2. 农业部南京农业机械化研究所, 南京 210014)

【摘要】 对我国南方油菜分段收获割晒后的脱粒清选特性和脱粒清选参数进行了研究。通过在试验台上脱粒和清选正交试验, 得出了分段收获捡拾脱粒机脱粒、清选部件形式和两组合理的工作参数。试验结果表明: 脱粒分离夹带损失最小的优选参数组合为喂入量 1.6 kg/s、滚筒转速 750 r/min、脱粒间隙 15 mm、滚筒形式钉齿 6 排; 影响脱粒分离夹带损失率的主次因素为滚筒形式、喂入量、脱粒间隙和滚筒转速。综合考虑清选损失率和含杂率最小的优选参数组合为开度 10 mm 鱼鳞筛、振动筛曲柄转速 260 r/min、离心风机转速 860 r/min、离心风机倾角 15°; 由模糊综合评价的极差分析可得因素的主次排序为离心风机倾角、振动筛曲柄转速、筛片结构形式和离心风机转速。

关键词: 油菜 分段收获 脱粒 清选 试验

中图分类号: S225.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)08-0072-05

Experiment on Threshing and Cleaning in Two-stage Harvesting for Rapeseed

Wu Chongyou^{1,2} Ding Weimin¹ Zhang Min² Shi Lei² Lu Yan² Yu Shanshan²

(1. College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China

2. Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China)

Abstract

Specific properties and working parameters of threshing and cleaning in two-stage harvesting for rapeseed in south China were explored. The optimal type of threshing and cleaning units, and two component reasonable working parameters were reached by orthogonal experiments of threshing and cleaning, which also offered reference for designing and using the rapeseed pickup-combine. Test results indicated: optimal parameter group of threshing separate smuggle loss rate were feed quantity, 1.6 kg/s; roller rotating speed, 750 r/min; threshing interval, 15 mm; and 6-pole spike-tooth cylinder. Primary and secondary factors of threshing separate smuggle loss rate were cylinder type, feed quantity, threshing interval and roller rotating speed. The optimal parametric group of least cleaning loss rate and least impurity rate were scale sieve with opening 10 mm; vibration sieve crank rotating speed, 260 r/min; centrifugal blower rotating speed, 860 r/min; centrifugal blower tilt angle, 15°. Primary and secondary factors by fuzzy analysis of synthesise evaluation were centrifugal blower tilt angle, vibration sieve crank rotating speed, vibration sieve type and centrifugal blower rotating.

Key words Rapeseed, Two-stage harvesting, Threshing, Cleaning, Experiment

引言

油菜机械化收获有联合收获和分段收获两种主

要方式。我国目前主要依靠人工分段收获或人工与机械结合的分段收获, 其中人工割铺、晾晒几天后人工捡拾、喂入稻麦联合收获机进行脱粒、清选是最主

收稿日期: 2009-10-09 修回日期: 2009-12-28

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2010BAD01B06)和公益性农业行业科研专项(nyhyzx07-058)

作者简介: 吴崇友, 博士生, 农业部南京农业机械化研究所研究员, 主要从事耕作与收获机械研究, E-mail: cywu59@sina.com

通讯作者: 丁为民, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械理论与设计研究, E-mail: wmding@njau.edu.cn

要的收获形式。机械分段收获具有适收期长、收获损失率小、对油菜植株形态(株型、株高、分支、抗裂角性等)不敏感、对气候条件适应性强等联合收获所不具备的优势^[1-2]。

我国南方11个省油菜种植面积占全国的90%以上,其全部是秋种次年夏收的越冬油菜,而且主要采用育苗移栽的方式种植,种植密度小、植株高、茎秆粗壮、分枝多、角果层厚度(离地400~1700 mm)大,使得油菜的植株形态以及油菜成熟、收获期间的气候条件均与我国北方和欧洲等国家春种秋收的直播油菜有很大差异^[3-4]。分段收获捡拾脱粒的作业对象是经过割铺、晾晒几天以后的油菜,与联合收获时站立在田间的油菜在秸秆和籽粒的含水率、角果抗裂性、植株形态等方面显著不同^[5]。已有的油菜分段收获、联合收获机械在脱粒、清选部件形式、参数上不可能很好地适应我国南方油菜的分段收获要求。因此,本文针对我国南方油菜分段收获脱粒清选进行试验研究,探索适宜的部件形式、工作参数,以期对分段收获的捡拾脱粒机设计和使用提供有益的参考。

1 试验油菜特性

(1) 品种为双低杂交油菜镇油-3,种植方式为育苗移栽,在接近成熟时人工收割,而后运到场地上晾晒3~5 d后进行室内台架试验。

(2) 植株高度平均1684 mm,茎秆直径14~29 mm,角果层厚度480~750 mm,平均单株分枝数(一次分枝)8~10个,分枝点位500 mm(离地),平均单株角果数390~400个,平均单只角果籽粒数20粒。

(3) 谷草比1:5.2。测试期间茎秆含水率如表1所示。

表1 茎秆含水率

Tab.1 Water content in stalk %

测试日期	根部	主茎	长茎秆	角果
2009-05-29	78.04	72.56	64.60	62.68
2009-05-30	68.68	62.83	48.86	20.64

(4) 油菜籽平均直径(湿)2.25 mm,籽粒含水率19.16%(晾晒3 d)、15.31%(晾晒4 d),千粒质量4.05 g。

2 试验安排与设计

试验目的是通过测试和观察不同结构型式轴流滚筒的脱粒损失率、脱出物沿滚筒轴向分布、清选含杂率和清选损失率等指标,分析确定影响分段收获

脱粒、清选的主要因素以及合理的工作参数组合。

(1) 油菜脱粒分离试验

油菜脱粒分离试验在DF-1.5型横轴流式脱粒分离试验台上进行,试验台结构如图1所示。

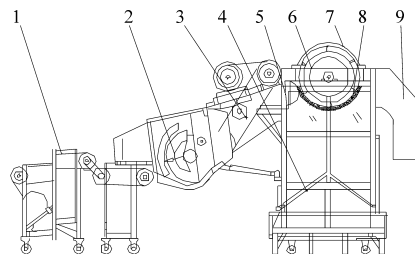


图1 DF-1.5型横轴流式脱粒分离试验装置结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of DF-1.5 test equipment with laterally disposed threshing cylinder

1. 输送带 2. 强制喂入装置 3. 输送槽 4. 接料小车 5. 机架
6. 滚筒 7. 顶盖 8. 凹板 9. 排草口

选择3排齿的钉齿脱粒滚筒(钉齿3排)、6排齿的钉齿脱粒滚筒(钉齿6排)和纹杆与板齿组合脱粒滚筒(纹杆-板齿),以脱粒滚筒形式、喂入量、脱粒滚筒线速度、凹板间隙为影响因素^[6],按正交表 $L_9(3^4)$ 进行油菜脱粒分离性能的四因素三水平的正交试验。试验安排如表2所示。

表2 脱粒分离正交试验安排

Tab.2 Orthogonal experimental method of threshing and separating

试验号	喂入量 A /kg·s ⁻¹	脱粒滚筒转速 B/r·min ⁻¹	脱粒间隙 C/mm	脱粒滚筒 形式 D
1	1.4	650	10	钉齿3排
2	1.4	750	15	钉齿6排
3	1.4	850	20	纹杆-板齿
4	1.6	650	15	纹杆-板齿
5	1.6	750	20	钉齿3排
6	1.6	850	10	钉齿6排
7	1.8	650	20	钉齿6排
8	1.8	750	10	纹杆-板齿
9	1.8	850	15	钉齿3排

(2) 油菜清选试验安排与试验设计

油菜清选试验在DF-1.5型物料清选试验装置上进行,清洗试验装置如图2所示。以筛片结构形式($\phi 8$ mm冲孔筛,开度10 mm鱼鳞筛,方孔12 mm编织筛)、振动筛曲柄转速、离心风机转速和离心风机倾角为影响因素按正交表 $L_9(3^4)$ 进行正交试验。试验安排如表3所示。

3 试验结果与分析

(1) 脱粒试验结果及分析

试验结果如表4所示。其中,总质量为分离物

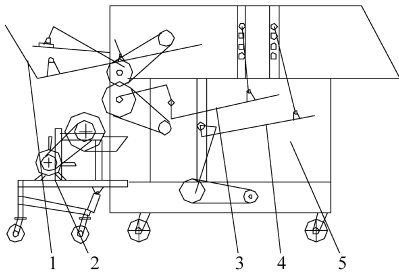


图2 DF-1.5型物料清选试验装置结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of DF-1.5 test equipment for grain cleaning

1. 抖动板 2. 离心风机 3. 上振动筛 4. 下振动筛 5. 清选室

表3 油菜清选正交试验安排

Tab. 3 Orthogonal experimental method of cleaning

试验号	筛片结构形式 <i>E</i>	振动筛曲柄转速 <i>F</i> /r·min ⁻¹	离心风机转速 <i>G</i> /r·min ⁻¹	离心风机倾角 <i>H</i> /(°)
1	冲孔筛, φ8 mm	260	800	15
2	冲孔筛, φ8 mm	285	860	20
3	冲孔筛, φ8 mm	310	920	25
4	鱼鳞筛, 开度 10 mm	260	860	25
5	鱼鳞筛, 开度 10 mm	285	920	15
6	鱼鳞筛, 开度 10 mm	310	800	20
7	编织筛, 方孔 12 mm	260	920	20
8	编织筛, 方孔 12 mm	285	800	25
9	编织筛, 方孔 12 mm	310	860	15

质量(包括杂余和籽粒等);籽粒质量是分离物中的油菜籽质量;脱粒损失由未脱净损失和夹带损失两

部分组成,由于分段收获经过晾晒后的油菜未脱净损失非常少,以致于基本检测不到,因此试验中只取夹带损失代替脱粒损失。夹带损失率是指夹带损失的籽粒质量与籽粒总质量的比值。

对于3种形式的脱粒滚筒,在滚筒轴向均匀分成7段,每段中总质量、茎秆质量和籽粒质量如表5所示。

表6为脱粒分离试验夹带损失极差分析结果。从表6可以看出,夹带损失最小的优选组合为 $A_2B_2C_2D_2$,即优选参数为:喂入量1.6 kg/s、滚筒转速750 r/min、脱粒间隙15 mm、钉齿6排。影响夹带损失率的主次因素为 $D、A、C、B$,即影响夹带损失的主次因素为滚筒形式、喂入量、脱粒间隙和滚筒转速。

图3为不同滚筒脱出物沿其轴向分布情况。可以看出,茎秆质量沿轴向分布均匀,各滚筒间无明显差异;籽粒质量沿轴向逐步增多,其中钉齿6排滚筒变化较快,但均呈线性变化^[7];脱出物总质量沿轴向变化趋势一致,均呈曲线变化。因此,脱出物沿轴向分布与滚筒形式无显著相关性。

(2) 清选试验结果与分析

清选试验分别测定籽粒损失率和含杂率,试验结果如表7所示。采用模糊综合评价法对清选试验结果进行分析处理。首先确定评价指标集和对象集,其次建立隶属函数和确定权重分配集,最后计算模糊综合评价值,并对模糊综合评价值进行分析^[8-10]。

表4 油菜脱粒分离试验数据

Tab. 4 Test results of rapeseed threshing and separating

参数	试验号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
总质量/kg	7.63	6.83	7.68	8.42	7.64	9.03	6.01	10.6	9.04
夹带损失质量/g	14	6	26	24	12	6	8	28	14
籽粒质量/kg	2.052	2.986	3.046	3.412	2.578	2.654	3.152	3.548	2.938
夹带损失率/%	0.678	0.201	0.846	0.698	0.460	0.226	0.253	0.783	0.474

表5 3种滚筒脱出物质量轴向分布

Tab. 5 Distribution residues and rapeseeds along the axial direction of 3 kinds of cylinder

滚筒形式	不同位置的总质量/茎秆质量/籽粒质量						
	1	2	3	4	5	6	7
钉齿3排	502/12/38	842/16/82	1564/24/194	1266/16/298	1144/32/396	1092/28/460	1208/46/584
纹杆-板齿	38/22/46	588/2/88	122/3/216	1392/3/428	1376/38/556	1162/22/542	128/26/670
钉齿6排	402/1/28	812/42/7	1694/22/202	1666/28/396	1416/24/498	139/14/616	1654/22/844

表 6 夹带损失极差分析结果

Tab. 6 Results of entrainment loss of the extreme variance analysis

因素	各因素水平均值			极差 T	较优方案	因素主次
	水平 1	水平 2	水平 3			
喂入量 A	0.575	0.463	0.504	0.112		
滚筒转速 B	0.543	0.482	0.515	0.061	$A_2B_2C_2D_2$	$D、A、C、B$
脱粒间隙 C	0.562	0.458	0.521	0.104		
滚筒形式 D	0.538	0.226	0.776	0.550		

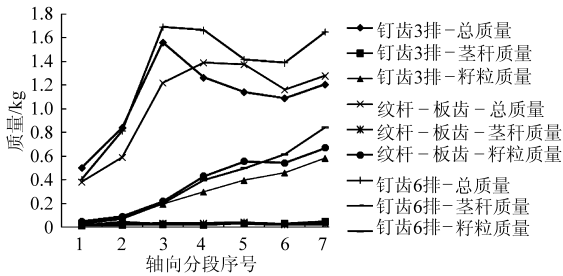


图 3 不同滚筒脱出物轴向分布

Fig. 3 Distribution of residues and rape seeds along the axial direction of different threshing cylinders

表 7 油菜清选试验数据

Tab. 7 Experimental results of rapeseed cleaning

试验号	籽粒质量/kg	籽粒含杂总质量/kg	夹带损失/kg	损失率 $Y_1/\%$	含杂率 $Y_2/\%$
1	4.006	4.068	0.030	0.749	1.548
2	4.240	4.304	0.084	1.981	1.509
3	3.962	4.022	0.214	5.401	1.514
4	3.968	4.120	0.034	0.857	3.831
5	4.520	4.600	0.044	0.973	1.770
6	3.898	3.974	0.062	1.591	1.950
7	4.084	4.174	0.066	1.616	2.204
8	4.110	4.288	0.076	1.849	4.331
9	4.178	4.250	0.070	1.675	1.723

以清选损失率 Y_1 和清选含杂率 Y_2 为评价指标,正交试验设计的 9 组试验确定评价对象集。其中,清选损失率 Y_{1n} 和清选含杂率 Y_{2n} 为偏小型指标,即越小越好,因此隶属函数 R ($R =$

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{19} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{29} \end{bmatrix})$$

$$的元素为 r_{in} = \frac{Y_{inmax} - Y_{in}}{Y_{inmax} - Y_{inmin}}$$

($i = 1, 2; n = 1, 2, \dots, 9$);根据油菜收获籽粒损失率和含杂率的重要性,本试验确定权重分配集 $P = [0.7, 0.3]$,即认为清选损失率的重要程度较清选含杂率高。由隶属函数 R 和权重分配集确定模糊综合评价集 W ,其中 $W = P \cdot R = [w_1, w_2, \dots, w_9]$ 。单指标的隶属度和模糊综合评价如表 8 所示。对模糊综合评价进行直观分析,直观分析结果如表 9 所示。

根据模糊综合评价进行直观分析得最优试验方案为 $E_2F_1G_2H_1$,由模糊综合评价的极差分析可得因素的主次排序为离心风机倾角、振动筛曲柄转速、筛片结构形式、离心风机转速。

4 结论

(1) 脱粒分离夹带损失最小的优选组合为喂入量 1.64 kg/s、滚筒转速 750 r/min、脱粒间隙 15 mm、钉齿 6 排;影响脱粒分离夹带损失率的主次因素为

表 8 单指标隶属度和模糊综合评价

Tab. 8 Single indicator jurisdiction and fuzzy synthesise evaluation

试验号	因素 筛片结构形式	因素			清选损失率 隶属度 r_{1n}	清选含杂率 隶属度 r_{2n}	综合评价 值 w_n
		振动筛曲柄转 速/ $r \cdot \min^{-1}$	离心风机转速 / $r \cdot \min^{-1}$	离心风机 倾角/ $^\circ$			
1	冲孔筛, $\phi 8$ mm	260	800	15	1.000	0.986	0.996
2	冲孔筛, $\phi 8$ mm	285	860	20	0.735	1.000	0.815
3	冲孔筛, $\phi 8$ mm	310	920	25	0	0.998	0.299
4	鱼鳞筛, 开度 10 mm	260	860	25	0.977	0.177	0.737
5	鱼鳞筛, 开度 10 mm	285	920	15	0.952	0.908	0.939
6	鱼鳞筛, 开度 10 mm	310	800	20	0.819	0.844	0.827
7	编织筛, 方孔 12 mm	260	920	20	0.814	0.754	0.796
8	编织筛, 方孔 12 mm	285	800	25	0.764	0	0.534
9	编织筛, 方孔 12 mm	310	860	15	0.801	0.924	0.838

表9 模糊综合评价直观分析

Tab.9 Fuzzy analysis of synthesize evaluation

因素	各因素水平均值			极差 <i>R</i>	较优 方案	因素 主次
	水平 1	水平 2	水平 3			
筛片结构形式 <i>E</i>	0.703	0.834	0.723	0.131		
振动筛曲柄转速 <i>F</i>	0.843	0.797	0.678	0.188	$E_2 F_1 G_2 H_1$	<i>H, F, E, G</i>
离心风机转速 <i>G</i>	0.786	0.797	0.678	0.119		
离心风机倾角 <i>H</i>	0.924	0.812	0.524	0.401		

滚筒形式、喂入量、脱粒间隙和滚筒转速。

(2) 综合考虑清选损失率和含杂率最小的优选组合为 $E_2 F_1 G_2 H_1$, 即开度 10 mm 鱼鳞筛、振动筛曲柄转速 260 r/min、离心风机转速 860 r/min、离心风机倾角 15°; 由模糊综合评价值的极差分析可得因素的主次排序为离心风机倾角、振动筛曲柄转速、筛片结构形式、离心风机转速。

(3) 脱粒试验中脱出物沿轴向分布与滚筒形式无明显相关性。

参 考 文 献

- 1 吴崇友, 金诚谦, 肖体琼, 等. 我国油菜全程机械化现状与技术影响因素分析[J]. 农机化研究, 2007, 29(12): 207~210.
Wu Chongyou, Jin Chengqian, Xiao Tiqiong, et al. Analysis on rape mechanization present situation and technical affection factors in whole productive course in China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007, 29(12): 207~210. (in Chinese)
- 2 Price J S, Hobson R N, Neale M A, et al. Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape[J]. J. Agric. Engng. Res., 1996, 65(3): 183~191.
- 3 吴崇友, 易中懿. 我国油菜全程机械化技术路线的选择[J]. 中国农机化, 2009(2): 3~6.
Wu Chongyou, Yi Zhongyi. Selection of technology route of oilseed rape mechanization in entire production proceeding in China[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2009(2): 3~6. (in Chinese)
- 4 卢晏, 吴崇友, 金诚谦, 等. 油菜机械化收获方式的选择[J]. 农机化研究, 2008, 30(11): 240~242.
Lu Yan, Wu Chongyou, Jin Chengqian, et al. The choice of rape mechanized harvest methods [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, 30(11): 240~242. (in Chinese)
- 5 冷锁虎, 朱耕如. 油菜机械化收获研究[J]. 中国油料, 1992(3): 82~85.
- 6 李耀明, 周金芝, 徐立章, 等. 油菜联合收割机脱粒分离装置的试验[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2005, 26(4): 281~284.
Li Yaoming, Zhou Jinzhi, Xu Lizhang, et al. Experimental study on threshing and separating unit of rape combine[J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2005, 26(4): 281~284. (in Chinese)
- 7 张义峰, 来用见, 张昆, 等. 轴流式脱粒装置脱出物沿滚筒轴向分布规律研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2006, 18(5): 34~36.
Zhang Yifeng, Lai Yongjian, Zhang Kun, et al. Research on the axial direction distribution regularities of emerging object with axial flow threshing installation[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2006, 18(5): 34~36. (in Chinese)
- 8 吴德林, 周云飞. 高速铣削切削参数的模糊正交优化方法[J]. 机械工程师, 2008(8): 91~93.
Wu Delin, Zhou Yunfei. Fuzzy orthogonal optimization of cutting parameters for high-speed milling[J]. Mechanical Engineer, 2008(8): 91~93. (in Chinese)
- 9 杜金萍. 模糊正交法在 GCr15 钢切削用量优化中的应用[J]. 轴承, 2007(3): 26~28.
- 10 明道绪. 田间试验与分析[M]. 北京: 科学出版社, 2005.