

小型摘穗收获机部件的试验研究

乔西铭, 张先锋, 朱中仕

(广东机电职业技术学院, 广东 广州 510515)

摘要: 对摘穗收获原理和主要参数进行了初步分析与探讨, 并对样机的预分离筛性能、摘穗滚筒转速对收获机性能的影响等进行了一系列室内外单因子性能试验和正交试验, 对飞溅损失率、清选损失率、夹带损失率、总损失率等试验结果进行了处理和分析, 得到小型摘穗收获机的最佳参数组合: 摘穗滚筒转速为 570 r/min, 梳齿安装角后倾 15°, 摘穗齿键孔直径为 12 mm, 压禾器距地面高度为 470 mm.

关键词: 收获机; 摘脱混合物; 摘穗齿

中图分类号: S225.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2004)04-0098-04

Experimental research on the components of minn-stripper harvester

QIAO Xi-ming, ZHANG Xian-feng, ZHU Zhong-shi

(Guangdong Vocational Machinery and Electricity College, Guangzhou 510515 China)

Abstract: This paper provides a preliminary analysis and inquiry into the principle of stripper harvesting theory and its main parameters. A series of simple factors and orthogonal experiments were conducted to the prototype machine, and the results of the experiment, namely, splashing loss rate, selecting loss rate, carrying-belt loss rate, purgation loss rate and gross loss rate were analyzed. Finally, the optimal combination of parameters for the mini-sized stripper harvester under field conditions was obtained: speed of the roller 570 r/min, stripper installation angle backward 15°, diameter of the harvesting strippers 12 mm and finally the distance between the presser and ground 370 mm.

Key words: harvester; stripped mixture; stripper

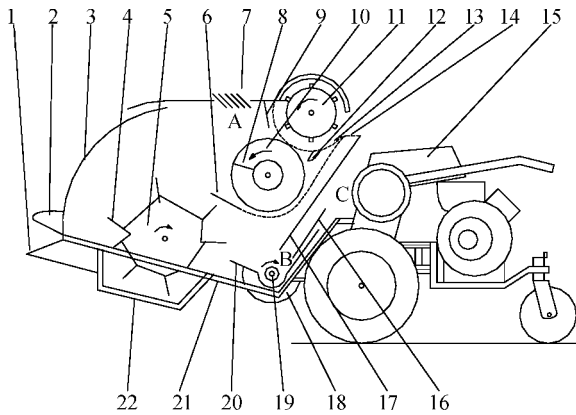
摘穗工艺的基本原理是装有 8 排梳穗齿的摘穗滚筒相对作物向上转动, 对进入摘穗孔的穗头进行摘脱, 摘下穗头与谷粒在滚筒惯性作用下向后抛送。由于滚筒和上罩壳的共同作用, 在两者之间产生了较强的气流场, 以及摘穗齿后抛力的作用, 对摘脱下物料向后输送、降低飞溅损失、穗头的喂入等有良好的辅助作用。摘穗收获使进入复脱滚筒的非谷物量大大降低, 从而可以简化复脱装置和分离清选机构, 且功率消耗大大降低, 是一种节能省事的收获方式, 该项技术已显示了良好的推广应用前景。多年来, 各国许多收获专家都致力于机械摘穗工艺与装置的研究与探索, 但因存在飞溅损失较大等问题而使其仅仅局限于试验阶段(B. Douthwaite, G. R. Quick, C. J. M. Tado. 小型水稻脱穗收集机, 福建省机械科学研究

院译; 广东省 SG800 机组联合试验组, SG800 摘穗机试验报告)。本文对所设计的小型摘穗收获机部件进行一系列的试验, 对试验结果进行了处理和分析, 得到最佳参数组合。

1 总体设计和结构特点

如图 1, 该小型摘穗收获机主要工作部件由摘穗滚筒、预分离装置(包括图 1 中 6、8、10)、脱粒滚筒总成(包括图 1 中 11、13、14)、谷粒输送、抛扬装置(包括图 1 中 18、19)、清选装置(包括图 1 中 16、17、20)、机架、分禾器、罩壳等组成。该小型摘穗收获机可与手扶拖拉机配套使用, 配套功率小, 通过风量调节孔、下滑板和上滑板调节摘穗滚筒高速旋转产生的风量, 避免机器内产生涡流现象, 并合理引导风量进

行清选。



1.分禾器 divider; 2.压禾器 presser; 3.罩壳 cover; 4.摘穗齿 stripper; 5.摘穗滚筒 harvesting roller; 6.预分离筛 sorting screen; 7.风量调节孔 volume regulator; 8.板状叶片 board-shaped vane; 9.挡帘 curtain; 10.预分离搅龙 auger separator; 11.轴流滚筒 axis roller; 12.切刀 knife; 13.滚筒壳体 roller shell; 14.线筛 wire screen; 15.发动机 engine; 16.下滑板 gliding board; 17.上滑板 ascending board; 18.扬谷器 winnower; 19.输梁搅龙 girder auger; 20.前滑板 forwarding board; 21.机架 shelf; 22.护齿架 stripper protecting frame;

图 1 小型摘穗收获机的总体布置图

Fig. 1 General graphic description of the small stripper harvester

2 部件设计和试验分析

2.1 摘穗齿参数的选择

在国外,已开发出不同宽度摘穗收获台的系列产品,主要与大型联合收获机配套。由于大型联合收获机作业速度快,故其梳齿键孔直径一般为 30 mm^[1]。摘穗收获机主要靠摘穗齿键孔对作物的摘脱而收获,其直径的选择对摘穗收获机的性能影响较大。摘穗齿键孔的直径 D 与机器的作业速度 v 、割幅 w 、摘穗齿齿尖距离 r 、摘穗齿长度 l 、每公顷作物的穗头数 A 和被收获作物的穗根部茎秆直径 d 等有关,建立摘穗齿键孔直径 D 与诸影响因素间的数学模型,确定摘穗齿键孔直径 D 。

则每秒钟喂向梳穗滚筒的穗头数 T 为:

$$T = 10^4 \times w \cdot v \cdot A / 667$$

假设: (1)作物茎秆进入摘穗齿键孔后无变形; (2)幅宽 w 内的全部作物都均匀收集在各键孔内。

则摘穗齿键孔的数学模型为:

$$D = 100d \sqrt{\frac{T \cdot l}{r}}$$

式中, D 的单位为 mm。

对于小型摘穗收获机的割幅 $w=0.5$ m, 作业速度 $v=0.8 \sim 1.2$ m/s, 摘穗齿长度 $l=0.495$ m, 试验水稻为粤香占, $A=300 \sim 450$ 万穗/hm², $d=3$ mm, $r=$

0.055 m, 代入上式得 $D=10.73 \sim 16.43$ mm。

采用键孔直径分别为 12 和 15 mm 的摘穗齿进行对比试验如图 2, 其飞溅损失率分别为 3.34% 和 1.60%, 未摘净损失率分别为 0.04% 和 0, 可见摘穗齿键孔对摘穗收获机性能影响较大。



图 2 设计的 2 种摘穗齿元件

Fig. 2 Two designs of harvesting stripper component

2.2 预分离装置的设计和试验

本机采用单滚筒脱粒。为减少夹带损失,采用轴流全喂入板齿式脱粒滚筒,预分离装置既要进行预分离,还要起到为复脱滚筒喂入作用,故预分离装置采用螺旋搅龙和凹板筛结合的形式。

摘穗收获方式只收获穗头、叶子和一定比例的茎秆,大部分茎秆留在田间。装有八排摘穗齿元件的滚筒以 570 r/min 的转速旋转^[2],摘穗齿和谷物穗头的接触导致整个穗头的分离或脱粒,田间小麦收获时脱粒比例平均为 71.1%,室内模拟田间试验时脱粒比例平均为 67.3%,摘脱物各组成成分所占比例见表 1。

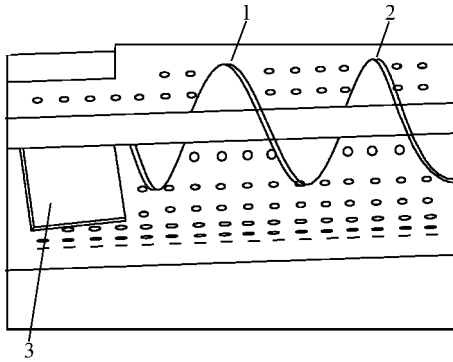
表 1 田间试验和室内试验摘脱物的组成比例

Tab. 1 Ratio of the picked at field testing and indoor testing

摘脱物成分 composition	摘脱物的组成比例 ratio of the picked/ %	
	田间试验 field testing	室内试验 indoor testing
	长 秆 long lever	2.1
短 秆 short lever	0.9	0.5
杂 余 others	20.3	21.5
断 穗 broken fringes	5.6	6.6
籽 粒 seeds	71.1	67.3
总 计 total	100.0	100.0

为降低脱粒滚筒功耗,减少破碎率和夹带损失率,应对进入脱粒滚筒的谷物进行预分离处理。如图 3,采用单头螺旋搅龙把摘穗滚筒抛至后部的谷粒穗头和茎秆向机器左侧推送,在筛面上移动的谷粒通过筛面的筛孔而落入谷粒输送搅龙,穗头及长草被推送至壳体左侧后,由固定在搅龙上的板状叶片送入复脱滚筒。

预分离筛的开孔面积是影响预分离效果的重要因素,采用直径为 12.7 mm,开孔面积分别为 40%、52% 和 58% 的筛子进行室内试验^[3],喂入物料的草谷比为 0.25,每一种筛子的预分离效果如图 4 所示。开孔面积为 40% 的筛子出现堵塞现象,严重影响预



1. 单头螺旋搅龙 single auger separator
2. 筛面 screen
3. 板状叶片 board-shaped vane

图 3 预分离装置

Fig. 3 Separating equipment

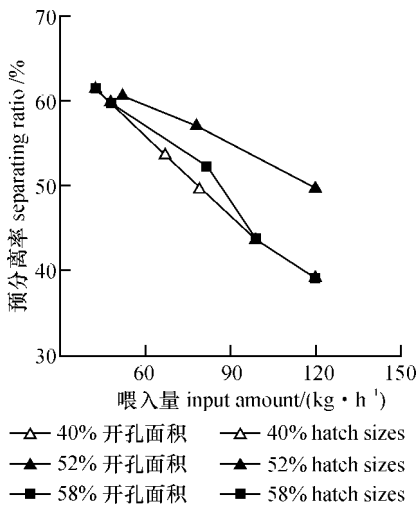


图 4 不同开孔面积筛子用小麦进行试验时的预分离率

Fig. 4 Separating ratios in wheat testing with screens adjusted to different hatch sizes

分离效果; 3 种开孔面积的筛子在最低喂入量时, 性能几乎一样, 是因为单位时间内机器所处理的物料较少的缘故; 随着喂入量的增大, 52% 的预分离筛的预分离效果较好且性能稳定。

将摘穗物分别在无预分离和有预分离状态下喂入脱粒滚筒, 测得其破碎率分别为 0.31% 和 0.23%。可以看出, 有预分离装置时, 进入复脱滚筒的谷粒相对无预分离装置时比例要低, 从而减少了复脱滚筒对谷粒的直接作用, 所以破碎率降低。

2.3 摘穗滚筒转速对收获机性能的影响

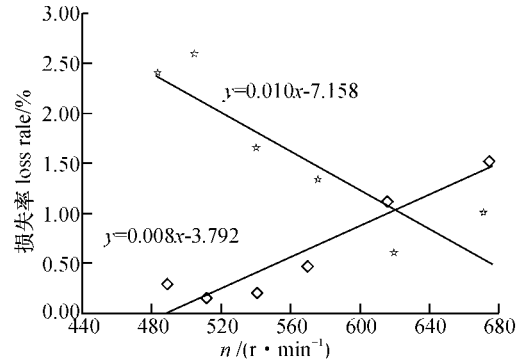
控制油门的大小, 用转速表测量摘穗滚筒的转速, 测定摘穗收获机的飞溅损失率、清选损失率、夹带损失率和总损失率, 结果见表 2。

对摘穗滚筒转速分别对飞溅损失率、清选损失率、夹带损失率和总损失率的散点图进行线性回归, 如图 5 所示。

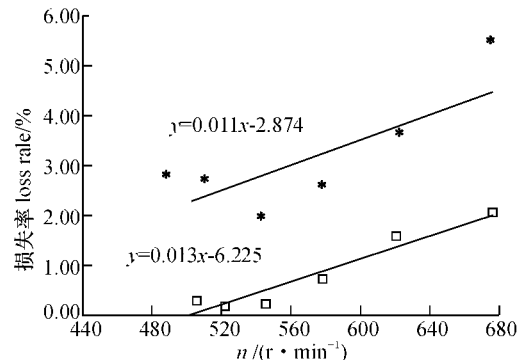
表 2 摘穗滚筒不同转速下各种损失测定表

Tab. 2 Loss measuring at different speeds of harvesting roller

$n / (r \cdot \text{min}^{-1})$	损失率 loss rate / %			
	飞溅 splashing	清选 selecting	夹带 carrying-belt	总 gross
490	2.39	0.28	0.17	2.84
510	2.53	0.13	0.13	2.79
540	1.75	0.13	0.29	2.17
570	1.48	0.48	0.76	2.70
620	0.60	1.13	1.79	3.52
675	0.98	1.50	2.23	4.70



☆ 飞溅损失率 ☆ splashing loss rate
◇ 清选损失率 ◇ selecting loss rate



* 夹带损失率 * carrying-belt loss rate
□ 总损失率 □ gross loss rate

图 5 摘穗滚筒转速与各损失率的线性回归分析图

Fig. 5 Linear regression analysis chart of the speeds of harvesting roller and loss rates

由图 5 可看出: 飞溅损失率随摘穗滚筒转速 n 增大而降低; 清选损失率随摘穗滚筒转速 n 增大而显著增大, 因为 n 增大, 机壳内产生的气流风速增大; 夹带损失率随摘穗滚筒转速 n 增大而增大, 因为 n 增大, 进入脱粒滚筒的穗头茎秆在脱粒滚筒内停留时间短, 分离不彻底; 总损失率随摘穗滚筒转速的增大而增大, 主要是因为清选损失和夹带损失增大的缘故。

2.4 小型摘穗收获机的主要参数对其性能指标的影响和优选

影响小型摘穗收获机性能指标的主要因素有:

摘穗滚筒转速、梳齿安装角、齿形大小、压禾器距地面高度等^[4], 多因素正交试验结果见表 3。

本试验的 5 项试验指标中, 4 项损失率是主要指标, 其次是清洁率, 分析所得各指标最优组合见表 4。

表 3 小型摘穗收获机田间试验方案与结果

Tab. 3 Design and results of mini-sized stripper harvester's field experiment

试验号	因素 factors				试验指标 experimental indices				
	n (滚筒 roller)/ ($r \cdot \min^{-1}$)	梳齿安装角 stripper installation angle / ($^{\circ}$)	齿形 dentiform C	压禾器距地面高度 height of presser/mm D	损失率 loss rate/ %				
	A	B	C	D	飞溅 splashing	清选 selecting	夹带 carrying-belt	清洁 purgation	总 gross
1	675	-15	小	390	3.98	1.23	1.00	87.33	6.21
2	675	0	小	470	1.60	0.38	1.13	89.07	3.11
3	675	15	大	550	3.65	0.82	1.26	89.28	5.64
4	570	-15	小	550	2.48	0.05	0.87	88.91	3.40
5	570	0	大	390	4.65	0.38	1.52	87.50	6.55
6	570	15	小	470	2.75	0.29	0.63	88.59	3.67
7	490	-15	大	470	4.40	0.62	0.58	86.14	5.60
8	490	0	小	550	3.53	0.13	1.63	86.52	5.29
9	490	15	小	390	3.39	0.04	0.78	87.18	4.21

表 4 各指标最优组合¹⁾

Tab. 4 Optimal combination of the different indices

试验指标 experimental indicators	总损失率 gross loss rate	飞溅损失率 splashing loss rate	夹带损失率 selecting loss rate	清选损失率 carrying-belt loss rate	清洁率 purgation loss rate
主次因素顺序与较优水平 factor's sequence in primary and secondary order & level	$C_1 A_2 D_2 B_3$	$C_1 D_2 A_1 B_3$	$B_1 D_2 A_3 C_1$	$A_2 B_2 C_1 D_3$	$A_1 D_3 B_3 C_1$

1) A 为滚筒转速, B 为梳齿安装角, C 为齿形, D 为压禾器距地面高度; 右下角标的数字代表试验号

通过综合平衡分析后的各试验因素的较优水平为 $A_2 B_3 C_1 D_2$, 和较优处理组合第 2 号试验 $A_1 B_2 C_1 D_2$ 作对比试验, 飞溅损失率为 1.58%, 夹带损失率为 0.43%, 清选损失率为 0.37%, 总损失率为 2.38%, 洁净率为 91.08%。

(3) 通过田间正交试验, 得到了摘穗收获机的最佳参数组合: 摘穗滚筒转速为 570 r/min, 梳齿安装角为后倾 15°, 齿形为摘穗键孔直径 12 mm, 压禾器距地面高度为 470 mm。

参考文献:

3 结论

(1) 建立了摘穗齿键孔与机器前进速度、割幅、摘穗齿齿尖距、拉穗齿长度、每公顷作物穗头数、作物穗根部茎秆直径 d 的数学模型, 所设计的摘穗齿使漏摘损失率为 0。

[1] 邵耀坚. 介绍滚筒梳式脱粒头[J]. 农机情报资料, 1990 (6): 22-24.

[2] PRICE J S. Evaluation of an approach to early separation of grain threshed by a stripping rotor[J]. J Agric Engng Res, 1993, (56): 9-14.

[3] KLINNER W E. A new concept in combine harvester headers [J]. Power Farming, 1987, (38): 37-45.

[4] 赵华海. 摘穗收获复脱分离装置的试验研究[J]. 农业工程学报, 1995 (4): 73-78.

(2) 预分离筛的开孔面积是影响预分离效果的重要因素, 采用直径为 12.7 mm, 开孔面积为 52% 的筛面预分离效果最好, 且增加预分离装置可降低破碎率至 0.23%。

【责任编辑 李晓卉】