

立辊型玉米收获机摘穗辊型对工作性能的影响^{*}闫洪余^{1,2} 吴文福¹ 韩峰¹ 刘枫²

(1. 吉林大学生物与农业工程学院, 长春 130022; 2. 吉林省农业机械研究院, 长春 130022)

【摘要】 摘穗辊型对玉米联合收获机作业效果的影响显著。通过正交试验研究了立辊型玉米收获机摘穗辊型对作业主要性能参数的影响,同时对各运动参数的交互作用进行对比分析,确定了各运动参数的最佳组合。摘穗辊的花纹形状对损失率的影响显著,圆顶花纹在摘穗辊转速为 1 000 r/min 的条件下工作可以获得最佳效果。辊型对功率影响显著,圆顶花纹在摘穗辊转速为 900 r/min 的条件下工作的功率消耗最低。摘穗辊的工作间隙与损失率之间呈线性关系。

关键词: 玉米收获机 摘穗辊型 损失率 功率消耗 工作间隙

中图分类号: S225

文献标识码: A

Effects of the Type of the Snapping Rolls of Vertical Corn Harvester on Harvesting Performance

Yan Hongyu^{1,2} Wu Wenfu¹ Han Feng¹ Liu Feng²

(1. School of Biological & Agriculture Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China

2. Jilin Academy of Agricultural Machinery, Changchun 130022, China)

Abstract

The effects of the type of the snapping rolls of the harvester on harvesting performance are significant. For the vertical corn harvester, the effects of the type of the snapping rolls on harvesting performance were studied through orthogonal test, while the movement parameters of the interaction were analyzed, to determine the optimal production conditions. The pattern and shape of snapping roll on loss rate is significant; the roll of dome pattern under the conditions of 1 000 r/min can achieve the best results. The influence of roll shape on power is significant; the roll of dome pattern under the conditions of 900 r/min can achieve the lowest power consumption. The relationship between working gap of snapping roll and loss rate is linear.

Key words Corn harvester, Type of the snapping roll, Loss rate, Power consumption, Working gap

引言

摘穗辊是玉米收获机的关键部件,对作业质量起着重要的作用^[1~2]。为了研究立辊型玉米收获机工作过程中摘穗辊型对作业指标的影响,得到最佳生产条件,对玉米收获机主要工作参数进行正交试验,以确定各工作参数的最佳组合。

1 试验方法和试验方案

1.1 方法

采用正交试验方法考察摘穗辊型对损失率和功率消耗指标的影响^[3~5],同时对其他工作参数的影响进行对比分析,从而确定最优生产条件,即各运动参数的最佳组合^[6~7]。

收稿日期: 2008-09-12 修回日期: 2009-01-14

* 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2004AA2Z4120)、吉林省科技发展计划资助项目(20060541)和吉林省科技计划资助项目(20070711)

作者简介: 闫洪余, 博士生, 吉林省农业机械研究院研究员, 主要从事农业电气化研究, E-mail: jlamyhy@yahoo.com.cn

通讯作者: 吴文福, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械测试与控制技术、农产品加工技术研究, E-mail: wwfzlb@126.com

1.2 试验材料

试验在吉林大学的立辊型玉米收获机部件试验台上进行,试验材料为四单八号玉米植株,共计 3 500 株,其作物参数如表 1 所示。

表 1 作物参数
Tab.1 Crop parameters

参数	数值
作物品种	四单八号
成熟期	完熟-枯熟
自然高度/cm	197
茎秆切割处直径/cm	30.78
结穗高度/cm	69.77
果穗大端直径(带苞叶)/mm	57.68
果穗长度/mm	286.8
籽粒含水率/%	38.9~27.0
苞叶含水率/%	58.00~16.78
果柄含水率/%	84.69~55.00
茎秆含水率/%	87.17~75.43
株距/cm	22.8 30.8 45.6
产量(估算值)/kg·hm ⁻²	17 040 12 600 8 520

1.3 测试仪器及工具

YD-15 型动态电阻应变仪, Y6D-2 型动态电阻应变仪, SC18 型光线记录示波器, SC16 型光纤记录示波器, TEAC-CS391 型磁带记录机, 高速摄影机、功率表、集流环、八角环、转速表及其他辅助工具若干。

1.4 试验台结构及功能

试验台主要由秸秆输送装置、工作试验机和测控系统等部分组成。

秸秆输送装置的功能是将玉米植株按规定株距固定在输送架上,试验时静止不动,模仿作物的田间生长状态;又可以一定速度向工作试验机输送玉米植株,模仿机具前进时的状态。

玉米收获试验机主要由行走底盘、夹持输送部件、摘穗部件、秸秆切碎部件等组成,如图 1 所示。这些部件由变频调速电动机进行单独控制,各部件的运动参数相互独立,因此满足各运动部件之间作业参数的最佳组合试验的要求。

测试控制系统由霍尔传感器、NI 数据采集卡、计算机和速度控制器等组成^[8~9]。

1.5 试验方案

机组前进速度 5 km/h,夹持链速度 2.7 m/s 的条件下对摘辊辊型和摘辊转速两因素对损失率指标的影响进行对比试验,各试验重复 3 次,每次试验玉米 40 株,按 L₁₆(4⁵) 正交表进行试验^[10],因素水平

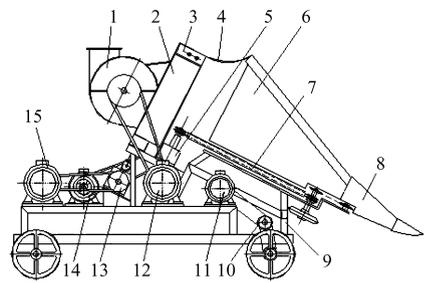


图 1 玉米收获试验机结构示意图

Fig.1 Structure of corn harvest testing machine

1. 秸秆切碎滚筒 2. 摘穗箱 3. 上摘穗传动箱 4. 弧板 5. 夹持传动箱 6. 护罩 7. 夹持输送装置 8. 分禾器 9. 小车
10. 行走传动中间轴 11. 行走电动机 12. 切碎电动机 13. 下摘穗传动箱 14. 摘穗电动机 15. 夹持电动机

如表 2 所示。参加对比试验的 4 种摘辊参数如表 3 所示。试验指标为损失率和功率消耗。

表 2 因素水平

Tab.2 Factors and levers

水平	因素	
	摘辊辊型 A	摘辊转速 B/r·min ⁻¹
1	矮花纹辊	900
2	平顶花纹辊	1 000
3	平宽花纹辊	1 100
4	圆顶花纹辊	1 200

表 3 试验摘辊参数

Tab.3 Parameters of snapping roll

辊型	外径/mm	辊长/mm	凸棱高/mm	螺距/mm	凸棱形状
矮花纹辊 A ₁	82	350	6	152	平顶
平顶花纹辊 A ₂	82	350	8	152	平顶
平宽花纹辊 A ₃	82	350	8	152	平宽顶
圆顶花纹辊 A ₄	82	350	8	152	圆顶

2 试验数据及分析

2.1 损失率

正交试验结果如表 4 所示。方差分析如表 5 所示。由试验得出 4 种辊型对指标影响的曲线如图 2 所示。

从表 5 分析可知:因素 A(摘辊辊型)对损失率的影响显著,可信度为 95%,因素 B(摘穗辊转速)对损失率的影响较显著,可信度 90%,并从试验结果可知,A 因素最佳值依次排列为:A₄(圆顶花纹)、A₃(平宽花纹)、A₂(平顶花纹)、A₁(矮花纹)。B 因素最佳值依次排列为:B₂(1 000 r/min)、B₄(1 200 r/min)、B₁(900 r/min)、B₃(1 100 r/min)。

表4 试验数据及计算结果

Tab.4 Test data and results

试验 序号	A	B	(A×B)1	(A×B)2	(A×B)3	损失率/%		
						1	2	3
1	1	1	1	1	1	0.289	0.300	1.771
2	1	2	2	2	2	0.269	0.380	0.351
3	1	3	3	3	3	1.732	0.627	1.062
4	1	4	4	4	4	1.216	1.281	1.247
5	2	1	2	3	4	1.061	1.061	0.859
6	2	2	1	4	3	0.807	0.437	0.742
7	2	3	4	1	2	1.053	0.494	0.757
8	2	4	3	2	1	0.366	0.784	0.462
9	3	1	3	4	2	0.386	0.836	0.519
10	3	2	4	3	1	0.598	0.274	0.445
11	3	3	1	2	4	0.550	0.826	0.452
12	3	4	2	1	3	0.863	0.873	0.878
13	4	1	4	2	3	1.172	0.414	0.219
14	4	2	3	1	4	0.255	0.492	0.489
15	4	3	2	4	1	0.937	0.567	0.331
16	4	4	1	3	2	0.070	0.472	0.202
K_1	10.524	8.887	6.918	8.514	7.124			
K_2	8.883	5.539	8.430	6.245	5.789			
K_3	7.500	9.388	8.010	8.463	9.826			
K_4	5.620	8.714	9.170	9.306	9.789			
K_{12}	110.763	78.975	47.856	72.485	50.749			
K_{22}	78.908	30.676	71.058	38.995	33.508			
K_{32}	56.250	88.135	64.160	71.622	96.550			
K_{42}	31.584	75.934	84.089	86.602	95.825			
Q_j	23.125	22.810	22.264	22.475	23.053			
S_j	1.083	0.768	0.221	0.433	1.010			

表5 损失率方差分析

Tab.5 Variance analysis of loss rate

差异来源	平方和	自由度	均方和	F	临界值	显著性
S_A	1.083	3	0.361	3.264	$F_{0.05}(3,32) = 2.884$	显著
S_B	0.768	3	0.256	2.313	$F_{0.1}(3,32) = 2.260$	较显著
S_{AB}	1.664	9	0.184	1.670	$F_{0.1}(9,32) = 1.828$	不显著
S_e	3.542	32	0.110			

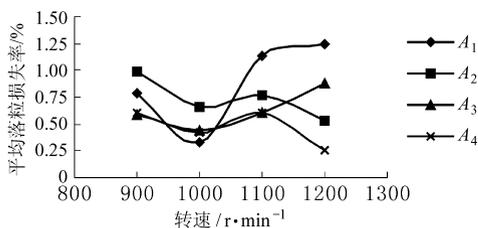


图2 辊型和转速对损失率的影响曲线

Fig.2 Influence curve of roll shape and speed on the loss rate

2.2 功率消耗

试验过程中,对摘辊消耗的功率进行了测定。

试验方法为:在左、右摘辊轴上分别贴应变片,并在

摘辊上部安装轴通式集流环,用示波器和磁带机测得左、右摘辊各48条扭矩曲线,并计算出各摘辊功率的极值、均值和方差。

试验条件与损失率的试验相同。试验指标为两侧摘辊功率消耗均值之和(kW)。正交试验结果如表6所示。方差分析如表7所示。

图3为不同转速下各型摘辊平均功率消耗变化曲线。从图中看出,圆顶花纹辊所耗功率最小,平顶花纹辊次之,矮花纹辊所耗功率最大,且随转速增加其功率呈线性增加。

通过对表7试验结果分析可知:①因素A(摘

表 6 试验数据及计算结果

Tab.6 Test data and results

试验 序号	A	B	(A×B)1	(A×B)2	(A×B)3	功率消耗/kW		
						1	2	3
1	1	1	1	1	1	4.16	4.63	5.01
2	1	2	2	2	2	5.30	5.19	5.74
3	1	3	3	3	3	6.32	6.12	6.94
4	1	4	4	4	4	7.64	7.49	6.44
5	2	1	2	3	4	5.87	5.22	4.04
6	2	2	1	4	3	4.50	4.33	4.60
7	2	3	4	1	2	5.00	3.91	5.43
8	2	4	3	2	1	3.88	4.18	5.67
9	3	1	3	4	2	5.50	5.93	4.53
10	3	2	4	3	1	5.36	5.18	7.02
11	3	3	1	2	4	5.59	6.62	4.65
12	3	4	2	1	3	4.93	6.47	6.99
13	4	1	4	2	3	3.96	3.67	3.94
14	4	2	3	1	4	4.16	4.50	5.00
15	4	3	2	4	1	3.42	5.71	3.00
16	4	4	1	3	2	3.42	3.66	4.41
K_1	70.98	56.46	55.58	60.19	57.22			
K_2	56.63	60.88	61.88	58.39	58.02			
K_3	68.77	62.71	62.73	63.56	62.77			
K_4	48.85	65.18	65.04	63.09	67.22			
K_{12}	5 038.16	3 187.70	3 089.10	3 622.80	3 274.1			
K_{22}	3 206.96	3 706.40	3 829.10	3 409.40	3 366.3			
K_{32}	4 729.31	3 932.50	3 935.10	4 039.90	3 940.1			
K_{42}	2 386.32	4 248.40	4 230.20	3 980.30	4 518.5			
Q_j	1 280.06	1 256.30	1 257.00	1 254.40	1 258.3			
S_j	27.193	3.387	4.091	1.501	5.384			

表 7 功耗方差分析

Tab.7 Variance analysis of power consumption

差异来源	平方和	自由度	均方和	F	临界值	显著性
S_A	27.193	3	9.064	15.186	$F_{0.01}(3,32) = 4.424$	极显著
S_B	3.387	3	1.129	1.891	$F_{0.1}(3,32) = 2.260$	不显著
S_{AB}	10.976	9	1.219	2.043	$F_{0.1}(9,32) = 1.828$	较显著
S_e	19.084	32	0.596			

辊型)对指标功率消耗的影响极显著,可信度为 99%,且对功率消耗影响的优劣次序为: A_4 (圆顶花纹)、 A_2 (平顶花纹)、 A_3 (平宽花纹)、 A_1 (矮花纹)。
 ②因素 B(摘穗辊转速)对功率消耗的影响不显著,其对功率指标影响的优劣次序为: B_1 (900 r/min)、 B_2 (1 000 r/min)、 B_3 (1 100 r/min)、 B_4 (1 200 r/min)。
 ③A、B 交互作用对功率指标影响较显著,可信度为 90%。

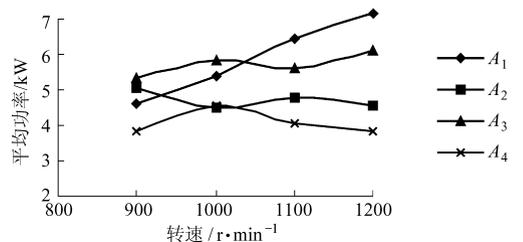


图 3 辊型和转速对功率的影响曲线

Fig.3 Influence curve of roll shape and speed on the power

2.3 摘辊不同工作间隙对比试验

试验摘辊为平宽顶辊,最小工作间隙为 10.5、8.0 和 6.0 mm。3 种摘辊转速为 1 100 r/min。夹持链速度为 2.7 m/s,机器前进速度 6 km/h。试验玉米为完熟后期籽粒含水率为 27%,各工况重复试验 3 次,每次试验玉米 32 株,试验结果如表 8 所示。

摘辊工作间隙与损失率的关系曲线如图 4 所示。从图看出损失率随摘辊工作间隙增大而近似呈线性增大趋势。

表 8 摘辊间隙试验数据
Tab.8 Test data of working gap

试验号	摘辊工作间隙/mm	籽粒损失率/%			
		落地籽粒	夹带籽粒	落地果穗	合计
1	10.5	0.319 8	1.816 9	0	2.136 7
2		0.040 0	0.584 8	0	0.624 9
3		0.082 0	0.725 0	0	0.807 1
平均		0.147 3	1.042 2	0	1.189 5
4	8.0	0.084 4	0.634 2	0	0.718 6
5		0.036 8	1.306 6	0	1.343 4
6		0.145 6	0.566 2	0	0.711 8
平均		0.088 9	0.835 7	0	0.924 6
7	6.0	0.077 7	0.779 6	0	0.857 3
8		0.017 5	0.384 4	0	0.401 0
9		0.024 3	0.279 4	0	0.303 7
平均		0.039 9	0.480 8	0	0.520 7

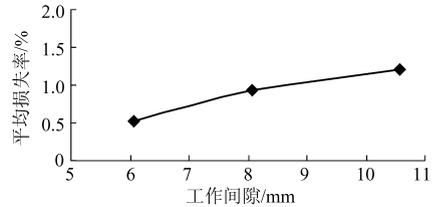


图 4 摘辊间隙对损失率的影响曲线

Fig.4 Influence curve of working gap on the loss rate

3 结论

(1) 立辊型玉米收获机摘穗辊的辊型对损失率的影响显著,可信度为 95%,对损失率影响优劣次序为:圆顶花纹、平宽花纹、平顶花纹、矮花纹。摘穗辊转速对损失率的影响较显著,可信度 90%,其优劣次序为:1 000、1 200、900 和 1 100 r/min。在试验范围内,辊型和转速最佳的组合是,圆顶花纹辊在摘穗辊转速为 1 000 r/min 的条件下工作。

(2) 辊型对功率指标影响极显著。辊型对功率指标影响的优劣次序为:圆顶花纹、平顶花纹、平宽花纹、矮花纹。摘辊转速对功率指标影响不显著,其优劣次序为:900、1 000、1 100 和 1 200 r/min;辊型和摘辊转速的交互作用对功率指标影响较显著。

(3) 以平宽顶辊为代表研究了工作间隙对损失率的影响。试验表明,损失率随间隙的增加而线性增加。

参 考 文 献

- 贺俊林. 低损伤玉米摘穗部件表面仿生技术和不分行喂入机构仿真[D]. 长春:吉林大学,2007.
He Junlin. Biomimetic surfaces of snapping rolls with lower damage action and simulation of no-row feed-in mechanism of corn harvesters[D]. Changchun: Jilin University, 2007. (in Chinese)
- 贺俊林,佟金,胡伟,等. 辊型和作业速度对玉米收获机摘穗性能的影响[J]. 农业机械学报,2006,37(3):46~49.
He Junlin, Tong Jin, Hu wei, et al. Influence of snapping roll type and harvesting speed on 4YW-Q corn harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(3): 46~49. (in Chinese)
- Pamela J W, Lawrence A J. Corn: chemistry and technology[M]. St. Paul, Minnesota: America Association of Cereal Chemists, Inc., 2003.
- Shapiro C A, Kranz W L, Parkhurst A M. Comparison of harvest techniques for corn field demonstrations[J]. American Journal of Alternative Agriculture, 1989, 4(2): 59~64.
- Hanna H M, Kohl K D, Haden D A. Machine losses from conventional versus narrow row corn harvest [J]. Applied Engineering in Agriculture, 2002, 18(4): 405~409.
- 范国昌,王惠新,籍俊杰,等. 影响玉米摘穗过程中籽粒破碎和籽粒损失率的因素分析[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 72~74.
- 陈松涛,周学建,师清翔,等. 玉米收获机摘穗装置运动参数特性研究[J]. 河南科技大学学报:自然科学版, 2007, 28(1): 64~68.
Cheng Songtao, Zhou Xuejian, Shi Qingxiang, et al. The research of motion parameters of corn harvester[J]. Journal of He'nan University of Science and Technology: Nature Science, 2007, 28(1): 64~68. (in Chinese)
- 佟金,贺俊林,陈志,等. 玉米摘穗辊试验台的设计和试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(11): 48~51.
Tong Jin, He Junlin, Chen Zhi, et al. Research and development of testing device with snapping rolls for corn harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(11): 48~51. (in Chinese)
- 刘枫. 穗、茎兼收型立式摘穗辊玉米收获机的关键部件研究[D]. 长春:吉林大学,2007.
- 任露泉. 试验优化设计与分析[M]. 北京:高等教育出版社,2003.