

玉米通用剥皮机构设计与试验*

徐丽明 王应彪 张东兴 赵成帅 侯彦龙

(中国农业大学农业部土壤-机器-植物系统技术重点实验室, 北京 100083)

【摘要】 针对玉米联合收获机的重要部件——玉米剥皮装置通用性差等问题,设计了可更换不同辊型、调节转速以及调节两辊相对位置角的玉米通用剥皮机构。以先玉335为试验材料,进行了剥皮辊配置形式、转速和两辊相对位置角的3因素3水平正交试验,分析了各参数对剥皮性能:玉米苞叶剥净率、籽粒破碎率、籽粒损失率的影响,确定了最优组合方案:剥皮辊配置形式为螺旋橡胶辊与凸棱螺旋橡胶辊交替排列;剥皮辊转速为350 r/min;两辊相对位置角为30°。

关键词: 玉米 通用剥皮机构 参数优化 正交试验

中图分类号: S226.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)S0-0014-07

Design and Experiment of Corn Universal Husker Mechanism

Xu Liming Wang Yingbiao Zhang Dongxing Zhao Chengshuai Hou Yanlong

(Key Laboratory of Soil - Machine - Plant System Technology, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

Corn husker is one of important parts of the corn combine harvester, it would affect the seed loosen ratio, the seed broken ratio and the bract no-husking ratio. Aimed to the problems of bad exchange, the universal corn husker was designed, which could exchange the roller type, adjust the rotate speed, and adjust the angle between the axis of husking roller and horizontal direction. Taking Xianyu 335 as an example, three factors were chosen as the husking rollers, the speed of the husking rollers and the angle, and each factor had three levels. The test data analysis showed that the best combination plan could be found out, the husking roller was alternating arrangement of the spiral rubber roller and spiral rubber roller with convex edge, the husking roller speed was 350 r/min, and the angle was 30°.

Key words Corn, Universal husker, Parameter optimization, Orthogonal test

引言

玉米剥皮机构是玉米联合收获机的关键部件之一,国内外对玉米剥皮机构进行了大量的试验研究。

美国研发的玉米剥皮机构多采用多对剥皮辊轴的组合,采用橡胶材料^[1]。法国、东欧国家等的玉米收获机剥皮装置大都由铸铁螺旋钉齿和花瓣橡胶组成,结构复杂,籽粒破碎率和落粒率高。意大利的玉米剥皮机采用全橡胶花瓣辊,辊子为花瓣型,苞叶剥净率低,落粒率高^[2]。

我国从20世纪60年代起开始研制玉米剥皮装

置,但所生产的玉米联合收获机剥皮装置的结构形式、剥皮辊型、运动参数等设定不一、互换性差,缺乏理论的设计依据,破碎率高,剥净率低,难于实现玉米联合收获机的标准化生产。

国内学者对玉米剥皮机构进行了相关研究。李媛设计的剥皮机,主要包括机架、喂入斗、剥皮装置、压送器及防护罩等,采用4对剥皮辊,剥皮辊是铸铁辊和橡胶辊的组合,辊与水平呈15°,剥净率为96%^[3]。曹慧鹏针对玉米中黄期和干黄期,设计了2种不同的剥皮辊转速^[4]。黑龙江省农业机械工程科学研究院设计了一种场上作业玉米剥皮机,剥皮

收稿日期:2011-08-10 修回日期:2011-09-12

* 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903059)

作者简介:徐丽明,教授,博士生导师,主要从事生物生产自动化技术和装备研究,E-mail: xlmoffice@126.com

辊采用铸铁辊与橡胶段交错排列的方式,采用槽型配置方案^[5]。辽宁省农业机械化研究所研制的玉米剥皮机,剥皮部件选用铸铁辊和橡胶辊组合且槽型排列的剥皮辊,选用可调弹簧压板式压送器,剥净率为80%~95%^[6]。王先霞设计了玉米剥皮试验台,对剥皮辊倾角、剥皮辊长度、压送器叶轮轴间距、压送器与剥皮辊间距、压送器转速、剥皮辊转速等参数进行了试验,分析了各参数对玉米剥皮性能的影响规律,得出了最优的参数组合^[7]。以上研究成果没有涉及剥皮机构的通用性、标准性问题。

为提高剥皮机构的通用性和互换性,本文设计辊型可更换、转速可调和两辊相对位置角可调的玉米通用剥皮机构,对剥皮辊的辊型、转速和两辊相对位置角的不同参数进行3因素3水平的正交试验,得出最佳组合方案。

1 玉米通用剥皮机构的设计

1.1 整体结构

玉米剥皮机构的工作原理是玉米果穗喂入到与水平呈一定倾角并相向旋转的剥皮辊与压送轮叶片之间时,果穗在压送轮叶片及重力作用下沿剥皮辊表面运动,由于两剥皮辊间存在高度差且材质不同,所以对果穗苞叶的摩擦力也不同,进而导致果穗沿轴线自转,在旋转和滑动中果穗苞叶被破碎,然后由对辊将苞叶拉掉并排出剥皮机构,剥净的果穗沿剥皮辊向下滑行并被送出机外,从而完成全部剥皮过程。由剥皮机工作原理可知,改进剥皮辊的结构和材料及优化剥皮机构运动参数可增强装置对苞叶的剔除能力,提高剥皮质量和减少籽粒损失。

设计的玉米通用剥皮机构主要由剥皮辊、机架、压送轮及传动机构等部分组成(图1),其中剥皮辊和压送轮为通用剥皮机构的主要工作部件。剥皮装置水平方向有一定的倾角,有利于玉米果穗下滑,提高劳动生产率。剥皮辊安装在压送轮的下方,二者之间留有一定的间隙。工作时,压送轮将玉米果穗压向剥皮辊,增大摩擦力,提高苞叶剥净率,并向后推送果穗,使其沿剥皮辊向下滑行并送出机外。

1.2 关键部件设计

1.2.1 剥皮辊的配置方式

玉米剥皮辊的配置方式主要有槽形配置、V形配置和平辊式配置3种方式,目前市场上玉米联合收获机多采用槽形配置,本机构也采用这种配置方式。

1.2.2 剥皮辊表面结构参数

剥皮辊表面的不同结构形式和运动参数将直接影响玉米联合收获机剥皮装置的作业质量。剥皮辊

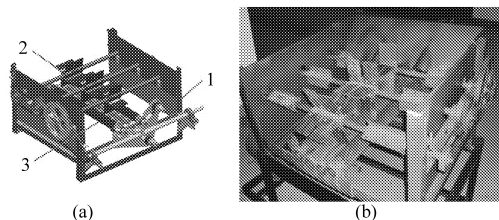


图1 玉米通用剥皮机构

Fig.1 Corn universal husking mechanism

(a) 三维示意图 (b) 实物图

1. 机架 2. 压送轮 3. 剥皮辊

的表面结构要尽可能保证其与玉米苞叶能产生较大的摩擦力,常采用的形式有螺旋橡胶辊和凸棱螺旋橡胶辊交替排列、带划叶器的铸铁辊与螺旋橡胶辊组合以及带划叶器的铸铁辊与凸棱螺旋橡胶辊组合。

1.2.3 剥皮辊直径、长度和轴向倾角的确定

目前剥皮辊的外径一般为60~80mm,通常两辊直径相同^[8-9]。国内大多数玉米联合收获机使用的剥皮辊直径是70mm,本通用剥皮机构采用的剥皮辊直径也为70mm。

根据文献知,玉米果穗的剥净率在开始400mm内剥净率为85%,在600mm内剥净率为95%,结合实际生产中剥皮机构在玉米收获机上的安装尺寸,本文取剥皮辊的有效长度为750mm。

剥皮辊轴向倾角 α 直接影响生产率和作业质量。由图2中果穗受力分析可知,玉米果穗沿着轴向下滑的条件为:玉米果穗质量 Q 在轴向上的分力 Q_2 必须大于剥皮辊对果穗的轴向摩擦力的合力 F ,即: $Q_2 > F$ 。 Q_2 的大小由剥皮辊轴向倾角的大小决定。

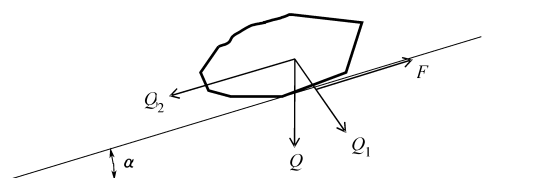


图2 果穗受力分析示意图

Fig.2 Corn stress analysis

通常玉米剥皮装置中带有压送装置时,剥皮辊轴向倾角为 $10^\circ \sim 15^\circ$ 时可获得最高生产率和最佳工作质量^[4]。本文玉米通用剥皮机构的剥皮辊上方安装有压送轮,工作时可以主动向下向后拨动玉米果穗,确定剥皮辊的轴向倾角为 12° 。

1.2.4 剥皮辊两辊相对位置角调节机构的设计

玉米果穗剥皮效果与两辊之间高度差 H 的大小有关,而 H 值可通过剥皮辊两辊相对位置角调节机构进行调节, H 值小,则剥净率低;反之,则剥净率高。但当 H 值大于剥皮辊的半径时,玉米果穗的重

心因靠近上剥皮辊的轴线而处于不稳定状态。因此,极易滚向剥皮辊的另一侧,并脱离剥皮辊的抓取,从而降低剥净率。通过分析和试验可知: H 的取值范围应在使玉米果穗重心处在两剥皮辊水平中心距的中点附近,选择该点可使玉米果穗形成比较稳定的沿自身轴线旋转的力偶,从而提高玉米苞叶剥净率,避免“啃伤”果穗,减少玉米果穗跳跃现象的发生^[10]。设计了剥皮辊两辊相对位置角可调节机构(图3),螺栓通过孔1在固定板的轨道2中滑动实现角度的改变,从而改变两轴之间的高度差。

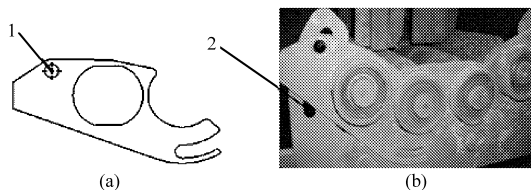


图3 两辊相对位置角调节机构

Fig.3 Angle adjusting mechanism

(a) 示意图 (b) 实物图

1.2.5 压送轮的设计

压送轮的作用是将玉米果穗压向剥皮辊表面,以增加玉米果穗与剥皮辊之间的摩擦力,使剥皮辊顺利地抓取玉米苞叶。本通用玉米剥皮机构的压送装置主要由胶带轮和3组叶轮式压送轮组成。3组压送轮均由4个橡胶叶片组成,叶片材质比较柔软,以适应不同直径的果穗,提高玉米果穗剥净率的同时,减小籽粒损伤。3组压送轮应相互配合,以满足工作要求(图4)。

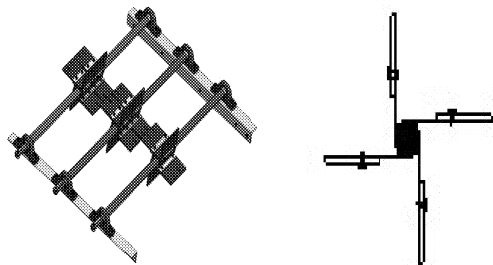


图4 压送轮

Fig.4 Pressing mechanism

压送轮最大回转直径为250 mm,能很好地拨动玉米果穗,使玉米果穗沿剥皮辊轴向下滑,防止发生堵塞,同时本机构的压送轮采用三级传动机构,由于压送轮的转速对玉米剥皮效果影响不明显^[10],结合压送轮转速为40~60 r/min,主传动轴与三级压送轮的传动比设计为15:4、15:2、15:3,其中第1组压送轮转速最高,可以加快玉米的喂入速度,提高喂入量,第2组转速最低,有利于提高苞叶剥净率,相对降低籽粒破碎率,取得理想的作业效果,第3组转速相对较高,有利于果穗的排出,提高劳动生产率。

1.3 控制系统设计

本文采用三相异步电动机驱动通用剥皮机构,通过HMI人机界面,由变频调速器控制电动机,实现可视化操作(图5)。



图5 程序界面

Fig.5 Controlling program interface

2 试验设计

本文的目的是设计辊型可更换、转速和两辊相对位置角可调的玉米通用剥皮机构,并对影响玉米剥皮作业效果的主要因素进行正交试验研究,最终得出各个因素对玉米剥皮作业质量的影响,确定最优组合。

2.1 性能评价指标

玉米通用剥皮机构作业效果的测试依据GB/T 21961—2008《玉米收获机械 试验方法》,确定本试验测定的指标为:籽粒损失率 S_L 、籽粒破碎率 Z_S 和苞叶剥净率 B ^[11]。

2.2 正交试验方案

2.2.1 正交试验各个因素水平的确定

根据我国玉米收获机主要生产企业的玉米剥皮装置参数(表1)来确定各因素的水平。剥皮辊型见图6。

表1 我国玉米收获机主要生产企业剥皮装置参数

Tab.1 Key parameters of corn combine harvester in main companies

参数	天津富康	洛阳中收	福田雷沃
剥皮辊配置形式	a + b + c	c	b + c
转速/ $r \cdot \min^{-1}$	300 ~ 600	400 ~ 600	400 ~ 700
两辊相对位置角/ $^\circ$	0 ~ 35	0 ~ 30	0 ~ 35

注:转速值与剥皮辊配置的组数有关系,表中玉米收获机配置为3~5组。

因素A为剥皮辊配置形式:选用市场中应用最广的3种辊型组成3种不同形式的剥皮单元,即因素A的3种不同形式。形式I:螺旋橡胶辊与凸棱螺旋橡胶辊交替排列;形式II:带划叶器的铸铁辊与螺旋橡胶辊;形式III:带划叶器的铸铁辊与凸棱螺旋橡胶辊。

因素B为剥皮辊转速:通过HMI与变频调速器

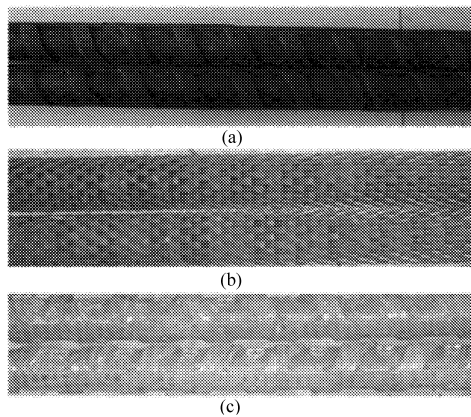


图6 剥皮辊型

Fig. 6 Shape of rollers

(a) 凸棱螺旋橡胶辊 (b) 螺旋橡胶辊 (c) 带划叶器的铸铁辊

通讯控制电动机实现转速调节,设定 320、350 和 380 r/min 3 个水平。

因素 C 为两辊相对位置角:设定角度为 25°、30°和 35° 3 个水平。

2.2.2 正交试验设计方案

选用三因素三水平按照正交表 $L_9(3^4)$ 进行正交试验,共设计 9 个试验方案(表 2)。

表 2 正交试验表

Tab. 2 Orthogonal test

试验 编号	因素			空白列
	剥皮辊配置 形式 A	剥皮辊转速 $B/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	两辊相对位 置角 $C/(\text{°})$	
1	I (1)	380(1)	30(1)	1
2	I (1)	350(2)	35(2)	2
3	I (1)	320(3)	25(3)	3
4	II (2)	380(1)	35(2)	3
5	II (2)	350(2)	25(3)	1
6	II (2)	320(3)	30(1)	2
7	III (3)	380(1)	25(3)	2
8	III (3)	350(2)	30(1)	3
9	III (3)	320(3)	35(2)	1

表 3 试验数据

Tab. 3 Test data

测定项目	试验编号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
剥皮辊处落地籽粒质量/kg	0.17	0.18	0.18	0.24	0.22	0.24	0.21	0.20	0.22
排出口接取果穗总个数	90	90	90	90	90	90	90	90	90
排出口接取的破损籽粒个数	17	7	12	57	73	65	52	48	61
未剥净苞叶果穗个数	15	18	20	7	10	8	15	13	17
作业时间/s	30	30	30	30	30	30	30	30	30

2.3 试验方法

根据表 2 所示,共有 9 组试验,需要调节各因素的水平来满足不同试验方案的要求,并由人工喂入和收集剥皮后的果穗。

(1) 剥皮辊的更换

4 个剥皮辊通过轴承座组成一个工作单元,通过链条传动,并且相邻两根剥皮辊转向相反,整个工作单元通过螺栓与机架连接。通过拆卸螺栓,即可更换剥皮辊。

(2) 剥皮辊转速的调节

HMI 与变频调速器相连,然后连接电动机,通过 HMI 手工输入频率实现电动机转速的改变。

(3) 两辊相对位置角的调节

通过图 3 的两辊相对位置角调节机构,松动螺栓使剥皮辊在固定板轨道中滑动,实现上剥皮辊绕下剥皮辊旋转来改变两辊相对位置角,拧紧螺栓可固定两辊相对位置角。

2.4 试验步骤

根据 GB/T 21961—2008《玉米收获机械 试验方法》进行试验,玉米果穗由人工随机喂入到机构入口处,根据玉米收获机工作效率平均 0.53 hm^2/h 和收获机剥皮装置配置 3 组剥皮辊,确定本机构的喂入量为平均每秒 3 个果穗,由人工在剥皮辊的排出口用编织袋接取完成剥皮作业的果穗,按照正交试验方案表逐一进行试验,并记录数据(表 3)。根据各个指标计算方法,计算各个试验指标值(表 4)。

2.5 试验数据分析

2.5.1 籽粒损失率试验结果分析

(1) 直观分析结果

结果见表 5。其中: K_{ij} 是第 j 列上水平号为 i 的各试验结果之和。

$\bar{K}_{ij} = \frac{1}{s} K_{ij}$,其中 s 为第 j 列上水平号为 i 出现的次数。

根据表 5 中数据和公式 $T = \sum_{i=1}^n y_i$ (y_i 是试验结

表4 试验指标值
Tab.4 Test indexes %

试验 编号	试验指标		
	籽粒损失率	籽粒破碎率	苞叶剥净率
1	1.35	0.05	83.33
2	1.43	0.02	80.00
3	1.43	0.03	77.78
4	1.9	0.16	92.22
5	1.74	0.21	88.89
6	1.9	0.19	91.11
7	1.67	0.15	83.33
8	1.59	0.14	85.56
9	1.75	0.17	81.11
平均	1.64	0.12	84.81

表5 籽粒损失率试验结果直观分析表

Tab.5 Analysis of seed loss ratio

指标	因素			
	A	B	C	空白
K_{1j}	4.21	4.92	4.84	4.84
K_{2j}	5.54	4.76	5.08	5.00
K_{3j}	5.01	5.08	4.83	4.92
\bar{K}_{1j}	1.40	1.64	1.61	1.61
\bar{K}_{2j}	1.85	1.59	1.69	1.67
\bar{K}_{3j}	1.67	1.69	1.61	1.64
R_j	1.33	0.32	0.24	0.16

果的总和)得籽粒损失率试验结果总和 $T = 14.76$, 试验结果的总平均值 $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = 1.64$ 。各因素极差的大小顺序为: $R_A > R_B > R_C$, 即影响籽粒破碎率的主要因素是剥皮辊的配置方式, 其次为剥皮辊的转速和两辊相对位置角, 空白列极差为 0.16, 说明试验误差比较小, 试验数据准确度高。

由图7可以得出: 对于因素A的各个水平, 采用剥皮辊配置形式I时, 籽粒损失率最低。随着剥皮辊的转速(因素B)的降低, 籽粒损失率指标值为先降低后升高, 即因素B取水平2时, 籽粒损失率最小。因素C的3个水平变化时水平1和水平3的籽粒破碎率较低。

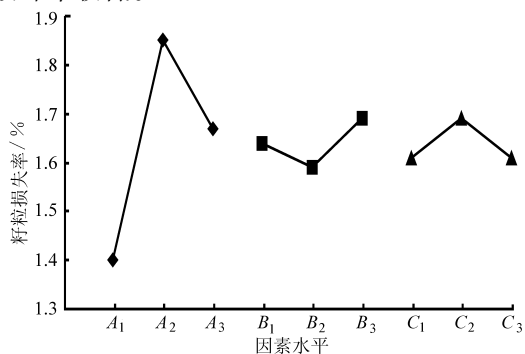


图7 籽粒损失率的因素与指标关系图

Fig.7 Relationship of seed loss ratio and indexes

(2) 最优方案确定

确定籽粒损失率的最优方案, 就是要选择各个因素使籽粒损失率最低的水平, 从表5可以得出: $K_{1A} < K_{3A} < K_{2A}$, $K_{2B} < K_{1B} < K_{3B}$, $K_{3C} < K_{1C} < K_{2C}$ 。因此, 指标籽粒损失率的最优方案为 $A_1 B_2 C_3$, 即: 剥皮辊配置形式为I型, 剥皮辊转速为 350 r/min, 两辊相对位置角为 25° 。

2.5.2 籽粒破碎率试验结果分析

(1) 直观分析

籽粒破碎率直观分析结果如表6所示。

表6 籽粒破碎率直观分析表

Tab.6 Analysis of seed broken ratio

指标	因素			
	A	B	C	空白
K_{1j}	0.10	0.36	0.38	0.43
K_{2j}	0.56	0.37	0.35	0.36
K_{3j}	0.46	0.39	0.39	0.33
\bar{K}_{1j}	0.033	0.12	0.127	0.143
\bar{K}_{2j}	0.187	0.123	0.117	0.12
\bar{K}_{3j}	0.153	0.13	0.13	0.11
R_j	0.46	0.03	0.04	0.1

根据表6中数据和公式得, 籽粒破碎率试验结果总和 $T = 1.12$, 试验结果的总平均值 $\bar{y} = 0.37$ 。各因素极差的大小顺序为: $R_A > R_C > R_B$, 即因素A(剥皮辊配置形式)为籽粒破碎率的主要影响因素, 其次为因素C(两辊相对位置角)和因素B(剥皮辊的转速)。表6中, 空白列的极差为 0.10, 其值大于因素C和因素B, 原因是由于两辊相对位置角和转速水平的改变对籽粒破碎率的影响较小或试验误差略大引起的。

由图8可以得出: 对于因素A的各个水平, 采用剥皮辊配置形式I时, 籽粒破碎率最低。当剥皮辊的转速(因素B)发生变化时, 籽粒破碎率变化不明显。因素C两辊相对位置角的3个水平变化时, 取水平2(即两辊相对位置角为 35°)时, 籽粒破碎率最低。

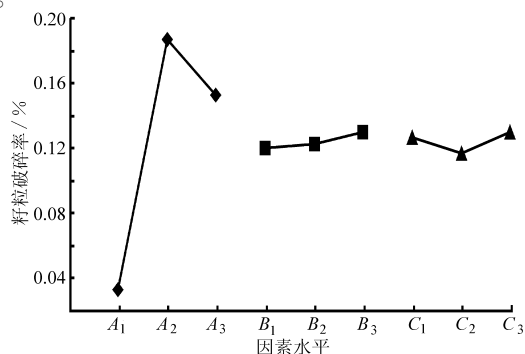


图8 籽粒破碎率的因素与指标值关系图

Fig.8 Relationship of seed broken ratio and indexes

(2) 最优方案确定

确定籽粒损破碎率的最优方案,就是要选择各个因素使籽粒破碎率最低的水平,从表 6 可以得出: $K_{1A} < K_{3A} < K_{2A}$, $K_{1B} < K_{2B} < K_{3B}$, $K_{2C} < K_{1C} < K_{3C}$ 。因此,指标籽粒破碎率的最优方案为 $A_1 B_1 C_2$,即:剥皮辊配置形式为 I 型,剥皮辊转速为 380 r/min,两辊相对位置角为 35° 。

2.5.3 苞叶剥净率试验结果分析

(1) 直观分析

苞叶剥净率直观分析结果如表 7 所示。

根据表 7 中数据和公式得,苞叶剥净率试验结果总和 $T = 766.33$,试验结果的总平均值 $\bar{y} = 87.28$ 。各因素极差的大小顺序为: $R_A > R_C > R_B$,即因素 A (剥皮辊配置形式)为苞叶剥净率的主要影响因素,其次为因素 C (两辊相对位置角),然后是因素 B (剥皮辊的转速)。表 7 中,空白列的极差为 2.23,说明试验误差较小。

表 7 苞叶剥净率直观分析表

Tab.7 Analysis of bract no-husking ratio

指标	因素			
	A	B	C	空白
K_{1j}	241.11	258.88	260.00	253.33
K_{2j}	272.22	254.45	253.33	254.44
K_{3j}	250.00	250.00	250.00	255.56
\bar{K}_{1j}	80.37	86.29	86.67	84.44
\bar{K}_{2j}	90.74	84.82	84.44	84.81
\bar{K}_{3j}	83.33	83.33	83.33	85.19
R_j	31.11	8.88	10.00	2.23

由图 9 可以得出:对于因素 A 的各个水平,采用剥皮辊配置形式 II 时,苞叶剥净率最高。当剥皮辊的转速(因素 B)发生变化时,苞叶的剥净率随着转速的降低而降低,转速高产生的摩擦力大,因而苞叶剥净率低。因素 C 角度 3 个水平变化时,取水平 1 (即两辊相对位置角为 30°)时,苞叶剥净率最高。从总体上看,因素 A (剥皮辊配置形式)的改变对苞叶剥净率的影响相对明显。

(2) 最优方案确定

确定苞叶剥净率的最优方案,就是要选择各个因素使苞叶剥净率最高的水平,从表 7 可以得出: $K_{2A} > K_{3A} > K_{1A}$, $K_{1B} > K_{2B} > K_{3B}$, $K_{1C} > K_{2C} > K_{3C}$ 。因此,指标苞叶剥净率的最优方案为 $A_2 B_1 C_1$,即:剥皮辊配置形式为 II 型,剥皮辊转速为 380 r/min,两辊相对位置角为 30° 。

2.5.4 多指标正交试验结果分析及最优方案确定

各指标的最优方案中可能存在矛盾,因此本文

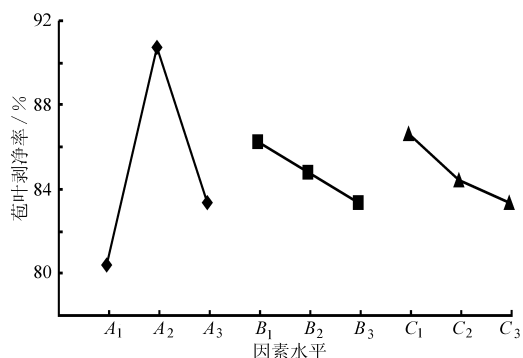


图 9 苞叶剥净率的因素与指标值关系图

Fig.9 Relationship of bract no-husking ratio and indexes

采用综合评分法进行多指标正交试验结果分析。

综合评分法首先要确定各个试验指标的重要性顺序,根据玉米剥皮装置的作业要求,确定各指标的重要性顺序从大到小为:籽粒损失率(n_1)、籽粒破碎率(n_2)和苞叶剥净率(n_3),各指标在评分时的加权系数分别为:0.3、0.2、0.1。将各试验指标值的大小顺序进行排列,评分时规定,指标值最小的试验号得分为 9,其他依次减 1,然后将每个试验号的 3 个指标值得分加权求和作为综合得分,并以此为该号试验的综合指标。根据制定的评分标准计算,结果如表 8 所示。

表 8 评分结果表

Tab.8 Grading results

试验编号	实际试验指标 / %			指标得分			综合得分
	n_1	n_2	n_3	n_1	n_2	n_3	
1	1.35	0.05	83.33	9	7	5	4.6
2	1.43	0.02	80.00	8	9	2	4.4
3	1.43	0.03	77.78	8	8	1	4.1
4	1.90	0.16	92.22	2	4	9	2.3
5	1.74	0.21	88.89	4	1	7	2.1
6	1.90	0.19	91.11	2	2	8	1.8
7	1.67	0.15	83.33	5	5	5	3
8	1.59	0.14	85.56	6	6	6	3.6
9	1.75	0.17	81.11	3	3	3	1.8

(1) 直观分析

综合指标直观分析结果如表 9 所示。

根据表 9 中数据和公式得,综合指标试验结果总和 $T = 27.7$,试验结果的总平均值 $\bar{y} = 0.38$ 。各因素极差的大小顺序为: $R_A > R_B > R_C$,即因素 A (剥皮辊配置形式)为籽粒破碎率的主要影响因素,其次为因素 B (剥皮辊转速)和因素 C (两辊相对位置角)。

由图 10 可以得出:因素 A 各个水平的综合指标变化大, A_1 的综合指标最好,因素 B 和因素 C 的变化稍小, B_2 和 C_1 的作业效果最好。

表9 综合指标直观分析表

Tab.9 Analysis of comprehensive indexes

指标	因素			
	A	B	C	空白
K_{1j}	13.10	9.90	10.00	8.50
K_{2j}	6.20	10.10	8.50	9.20
K_{3j}	8.40	7.70	9.20	10.00
\bar{K}_{1j}	4.37	3.30	3.33	2.83
\bar{K}_{2j}	2.07	3.37	2.83	3.07
\bar{K}_{3j}	2.80	2.57	3.07	3.33
R_j	6.90	2.40	1.50	1.50

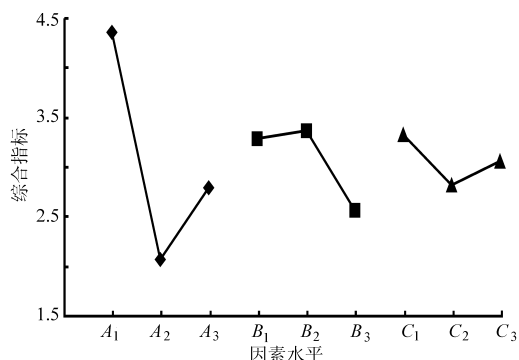


图10 因素水平与指标值关系图

Fig.10 Relationship of factors level and comprehensive indexes

(2) 最优方案确定

对于综合指标的最优方案,就是要选择综合指标最高的各因素水平。 $K_{1A} > K_{3A} > K_{2A}$, $K_{2B} > K_{1B} > K_{3B}$, $K_{1C} > K_{3C} > K_{2C}$ 。因此,对于综合指标,最优方案为 $A_1B_2C_1$,即:剥皮辊配置形式为 I 型,剥皮辊转速为 350 r/min,两辊相对位置角为 30° 。

3 结论

玉米联合收获机的剥皮部件标准不一,互换性差。为此,本文设计制作了玉米通用剥皮机构,进行了剥皮辊配置形式、转速和两辊相对位置角的 3 个因素 3 水平的正交试验,得出了最优的组合。

(1) 设计制作了辊型可更换、转速和两辊相对位置角可调节的玉米通用剥皮机构,采用变频调速器实现转速的控制。

(2) 设计了 3 因素 3 水平的正交试验,采用籽粒损失率、籽粒破碎率和苞叶剥净率指标进行分析。试验结果表明剥皮辊的配置形式对玉米剥皮工作性能影响显著。

(3) 进行了正交试验的综合指标分析,结果表明:剥皮装置最优组合方案为 $A_1B_2C_1$,即:剥皮辊配置形式为 I 型;剥皮辊的转速为 350 r/min;两辊相对位置角为 30° 。

参 考 文 献

- 崔俊伟. 玉米联合收获机剥皮装置结构及运动参数的优化设计[D]. 北京:中国农业机械化科学研究院,2009.
Cui Junwei. Optimal design of structure and motion parameters of husking device of corn combine harvester[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Mechanization Science, 2009. (in Chinese)
- 王晶. 我国玉米剥皮机械化及机具的概况与发展方向探讨[J]. 农业与技术,2007,27(6):101~103.
- 李媛,穆春虹,黄明智. 5BY-7.0型玉米剥皮机的研究设计[J]. 农村牧区机械化,2007(3):12~13.
- 曹慧鹏. 5YB-600型玉米剥皮机的设计与研究[J]. 当代农机,2008(6):69~70.
- 陈宝昌,林君堂,李存斌,等. 新型玉米剥皮机的研究设计[J]. 农机化研究,2010,32(2):88~90.
Chen Baochang, Li Juntang, Li Cunbin, et al. Research and design of a new corn husker[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010,32(2):88~90. (in Chinese)
- 章慧全. 玉米剥皮机的研究设计[J]. 农业科技与装备,2009(6):45~47.
Zhang Huiquan. Design of corn husker[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2009(6):45~47. (in Chinese)
- 王先霞. 玉米果穗剥皮装置参数研究[D]. 洛阳:河南科技大学,2008.
Wang Xianxia. The parameter research of maize husker[D]. Luoyang: Henan University of Science & Technology, 2008. (in Chinese)
- 邱岳巍,赵荔娜. 玉米剥皮机剥皮装置的改进[J]. 农村牧区机械化,1997(6):38~39.
- 郝付平. 玉米联合收获机排杂剥皮装置优化设计[D]. 北京:中国农业机械化科学研究院,2008.
Hao Fuping. Optimal design of corn combine harvester husking mechanism[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Mechanization Science, 2008. (in Chinese)
- 戴株荫,曲继祥. 玉米果穗剥皮辊型及其主要参数优选试验[J]. 农业机械学报,1995,26(2):58~62.
Dai Zhuyin, Qu Jixiang. Optimal design of corn husking roller type and main parameters [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1995,26(2):58~62. (in Chinese)
- GB/T 21961—2008 玉米收获机械 试验方法[S]. 2008.
GB/T 21961—2008 Test methods for maize combine harvester[S]. 2008. (in Chinese)