

整秆式甘蔗联合收获机断蔗尾机构*

罗菊川¹ 区颖刚¹ 刘庆庭¹ 牟向伟² 林一杰¹ 彭冠雄¹

(1. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室, 广州 510642; 2. 广西师范大学电子工程学院, 桂林 541004)

摘要: 利用甘蔗茎秆尾部机械强度显著低于中部和基部的特点,设计了一种断尾机构。甘蔗通过该机构时5~6片青叶及其紧密包裹着的尾部可以被折断。分析了其工作原理并通过四因素三水平正交试验研究输入输出滚筒转速、断尾滚筒转速、断尾滚筒中心距和断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置等因素对甘蔗断尾效果的影响。试验结果表明,试验条件下最优的断尾参数组合为:输入、输出滚筒转速250 r/min,断尾滚筒转速550 r/min,断尾滚筒中心距300 mm,断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置角-20°。该断尾机构在蔗茎生长点以下4~6节位置断尾的最佳断尾率为63.3%,断尾平均长度为212 mm,标准差为57 mm,符合农艺的要求。

关键词: 甘蔗 联合收获机 断尾机构 滚筒 断尾率

中图分类号: S225.5⁺3; S220.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)04-0089-06

Tail-breaking Mechanism of Whole Stalk Sugarcane Combine Harvester

Luo Juchuan¹ Ou Yinggang¹ Liu Qingting¹ Mou Xiangwei² Lin Yijie¹ Peng Guanxiong¹

(1. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

2. College of Electronic Engineering, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: The mechanical strength of rear end of sugarcane stalk is significant lower than the middle and basal part. A tail-breaking mechanism was designed. When the sugarcane stalk passing through this kind of mechanism, the tails and 5~6 pieces of young leaves could be broken. Its working principle was analyzed, and the orthogonal experiments were conducted to study the influence between the following four factors: rotate speed of feeding and output rollers, rotate speed of tail-breaking rollers, the center distance between the top and bottom tail-breaking rollers, and the relative installation position angle of the top and bottom tail-breaking roller's elastic components. The result shows that the optimal parameters were as following: rotate speed of feeding and output rollers of 250 r/min, rotate speed of tail-breaking rollers of 550 r/min, the center distance between the top and bottom tail-breaking rollers of 300 mm, and the relative installation position angle of the top and bottom tail-breaking roller's elastic components of -20°. The best tail-broken rate in 4~6 sections below the growth point of cane stalk reached to 63.3%. The average length of these tails was 212 mm and standard deviation was 57 mm which meet the agronomic requirements.

Key words: Sugarcane Combine harvester Tail-breaking mechanism Roller Tail-broken rate

引言

甘蔗收获机械化是甘蔗生产全程机械化中的重

要环节,整秆式甘蔗收获机由于适应我国目前农村生产以及糖厂的加工条件,在一段时间内将会是我国甘蔗收获机研制的重要机型^[1~4]。

收稿日期: 2012-12-11 修回日期: 2012-12-27

* 国家甘蔗产业技术体系资助项目(CARS-20-4-1)、国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201003009)、国家国际科技合作项目(2011DFB70350)、广东省科技计划资助项目(2010B020314004)和“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B05-3)

作者简介: 罗菊川,讲师,博士生,主要从事甘蔗收获机械研究,E-mail: juchuanluo@163.com

通讯作者: 区颖刚,教授,博士生导师,主要从事甘蔗收获机械研究,E-mail: ouying@scau.edu.cn

整秆式甘蔗机械收获后原料甘蔗含杂多的问题制约了这种机型的发展^[5]。研究表明,甘蔗在成熟收获时期,尾部蔗叶为青叶,叶鞘包裹紧实;中部至根部蔗叶为干枯叶,叶鞘对茎秆包裹松散^[6]。甘蔗茎秆尾梢部分含糖分很少,夹杂物中青叶多尾梢部分过长会在制糖过程中影响糖分的析出,使产糖量减少,同时还增加了原料成本^[7-8]。由此可见,研制整秆式收获机的断尾机构,在收获过程中将甘蔗尾部5~6片包裹紧密的青叶连同茎秆尾梢部分一起断除,将能够有效提高原料蔗的质量,推动甘蔗收获机械化的发展。

目前,研制的小型甘蔗整秆收获机断尾普遍采用前置式切梢装置,由于甘蔗生长高度差别较大,倒伏弯曲的较多,所以难以控制合理的切梢长度,切梢合格率低^[9-13]。本文根据甘蔗茎秆尾部脆弱部位机械强度显著低于中部和基部的特点设计一种断尾机构,并通过正交试验研究该机构断尾的主要影响因素和效果,期望为整秆式甘蔗收获机断尾机构的设计提供依据。

1 断尾机构组成

李整民等的研究表明,甘蔗茎秆的抗弯强度由基部向尾部减小,在甘蔗茎秆未成熟的尾部与已成熟的茎部的接合处有一脆弱部位,抵抗变形的能力显著低于茎秆中部和基部,并向蔗茎顶端生长点(生长点位于蔗茎最顶端)处逐渐减弱^[14-16]。未成熟的尾部被5~6片重叠交错的青叶紧密包裹,蔗叶一般互生于茎节上,每节着生一叶^[8]。由此可见,甘蔗茎秆生长点以下约5、6节左右的位置是脆弱部位。

根据甘蔗茎秆尾部脆弱部位的力学性质与茎秆其他部位存在明显差异的特点设计一种断尾机构,将其安装在甘蔗剥叶断尾试验台上。主要由输入输出滚筒、剥叶滚筒、断尾滚筒、液压驱动马达等组成,如图1所示。

断尾滚筒主要由滚筒体、端盖、固定板、压板和

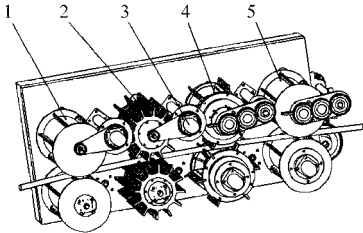


图 1 甘蔗剥叶断尾机构示意图
Fig.1 Structure of sugarcane leaf-stripping and tail-breaking mechanism

1. 输入滚筒 2. 剥叶滚筒 3. 液压驱动马达 4. 断尾滚筒
5. 输出滚筒

弹性条等组成,如图2所示。沿滚筒体径向均匀分布6排弹性条,由长、短弹性条组成,长、短弹性条沿轴向呈凸凹齿状排列。蔗茎基部平均直径约为30 mm,沿中部至尾部平均直径逐渐减小,长、短弹性条长度差设计为不小于蔗茎基部平均半径15 mm,宽度设计为30 mm,可以使蔗茎在凹槽内通过,防止其沿滚筒轴线方向窜动,保持直线运动。据此设计的长弹性条长度为35 mm,短弹性条长度为20 mm,宽度均为30 mm,厚度均为10 mm,每排弹性条轴向有效工作长度为300 mm。弹性条采用聚氨酯材料,邵氏硬度为85 HA。

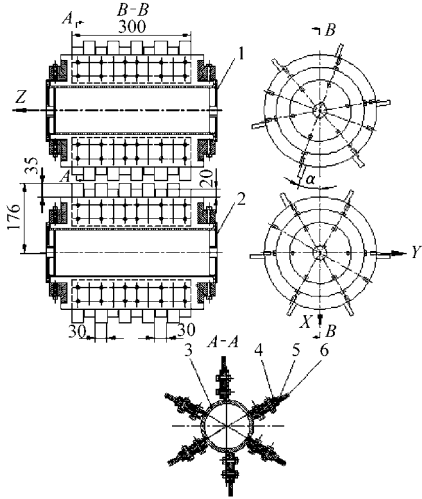


图 2 断尾滚筒结构示意图

Fig.2 Structure of tail-breaking rollers

1. 端盖 2. 上滚筒体 3. 下滚筒体 4. 固定板 5. 压板 6. 弹性条

断尾滚筒上、下弹性条沿轴向凸凹对应交错排列,上、下滚筒长、短弹性条外侧圆弧交错深度可通过调整上、下断尾滚筒中心距实现,中心距可在300~360 mm范围内调整。

断尾滚筒轴线为Z轴,滚筒端面为XOY平面,建立坐标系如图2所示。图中所示为断尾滚筒在初始运动时刻上、下弹性条的相对安装位置,用角度 α 表示。下滚筒6个弹性条中有2个在Y轴方向上,上滚筒其中1个弹性条与X轴正向的夹角为 α 。断尾机构通过调整断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置角度 α 使同一时刻蔗茎受到的作用力的位置发生改变,从而调整断尾长度。上滚筒弹性条顺时针转动调整角度, α 为负值;反向调整, α 为正值。

2 工作原理

经前期高速摄影观察和分析其工作原理发现:
①甘蔗根部喂入,蔗茎经输入滚筒传送进入断尾滚筒组工作区域,断尾滚筒组弹性条与蔗茎接触,弹性条发生弹性变形,并对蔗茎施加垂直于轴线方向的

正压力。②甘蔗茎秆大致的运动和受力情况如图3所示。随着断尾滚筒的转动,上、下弹性条轮流交替、持续地作用在甘蔗茎秆上,输入、输出滚筒以及剥叶滚筒对甘蔗起传送和支承的作用,在上、下弹性条施加的正压力作用下,蔗茎产生弯曲变形。③如前所述,甘蔗茎秆生长点以下5、6节左右的位置是脆弱部位,该脆弱部位的机械强度显著低于中部和基部,并向蔗茎顶端生长点处逐渐减弱。蔗茎通过断尾机构时发生抖动,蔗茎与弹性条的接触频率达到约30次/s时,弹性条与蔗茎脆弱部位接触,当弹性条具有适当的弹性、机构调整到合适的参数时,可以实现蔗茎在脆弱部位附近折断,从而达到控制蔗茎在生长点以下4~6节折断的目的,使甘蔗尾部5~6片包裹紧密的青叶连同茎秆尾梢部分一起断除,断尾长度合理。

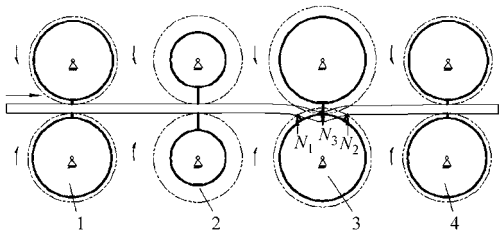


图3 甘蔗弯曲变形受力简图

Fig.3 Force diagram of sugarcane's bending deformation

1. 输入滚筒 2. 剥叶滚筒 3. 断尾滚筒 4. 输出滚筒

由上述观察与分析,提出如下假设:同一时刻对蔗茎施加正压力的弹性条的数量和正压力的大小,以及弹性条与蔗茎的接触频率是蔗茎通过断尾滚筒工作区域时能否断尾,断尾长度是否合适的关键。

断尾效果的主要影响因素为:弹性条的弹性、断尾滚筒的转速影响正压力的大小;上、下弹性条的交错深度影响施加正压力的弹性条的数量和大小;输入、输出滚筒转速以及和断尾滚筒转速差影响弹性条与蔗茎的接触频率。上、下弹性条相对安装位置角影响同一时刻作用于蔗茎的正压力的数量和作用位置。

3 试验

3.1 正交试验

3.1.1 试验材料

试验用蔗采用广东省广前糖业发展有限公司前进公司种植的台糖92-2668,采样时间为2012年2月16日,试样要求完整保留蔗叶和蔗尾。试样的中部平均直径为28.3 mm,标准差为2 mm;尾部平均直径为25.1 mm,标准差为1.9 mm;甘蔗平均高度为2 394 mm,标准差为145 mm。试验样本甘蔗的弯曲程度很大,弯曲的甘蔗数量占试验甘蔗总数的

85%,依照文献[17]的方法,计算出甘蔗弯曲度 $\frac{h}{L}$ 为0.088~0.315(图4)。

3.1.2 试验方法

由于本文只研究断尾的影响因素,所以将上剥叶滚筒调至最高以使上剥叶滚筒的剥叶作用降至最低;剥叶滚筒转速与输入、输出滚筒转速相同,经过

预备试验证明,在这种情况下甘蔗通过剥叶滚筒后没有剥叶和断尾的现象。选择输入和输出、剥叶滚筒转速(A)、断尾滚筒转速(B)、断尾滚筒中心距(C)、断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置角(D)为试验因素,各因素选取3个水平,如表1所示。采用 $L_{27}(3^{13})$ 有交互作用的四因素三水平正交试验。每次试验连续喂入10根甘蔗,重复3次,取其平均值,总共取样810根。试验时,由根部喂入。

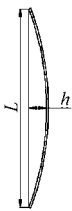


图4 甘蔗弯曲度示意图

Fig.4 Diagram of sugarcane bending degrees

表1 正交试验因素与水平

Tab.1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素			
	输入、输出和剥叶滚筒转速	断尾滚筒转速	上、下断尾滚筒中心距	断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置角
	$a/r \cdot \text{min}^{-1}$	$b/r \cdot \text{min}^{-1}$	c/mm	$d/(\circ)$
1	150	150	300	-20
2	200	350	320	0
3	250	550	340	20

3.1.3 试验指标

利用甘蔗自身物理特性设计的断尾机构,根据甘蔗茎秆尾部的脆弱部位弯曲折断尾部,而尾部的弯曲折断都是在茎节附近脆断,所以选用有关断尾节位作为指标来研究断尾机构的断尾效果。

根据对试验样本的统计,蔗茎生长点至第6节的平均长度为272 mm,标准差为43 mm,这与轻工业部规定的甘蔗切稍时应砍至生长点以下300 mm处^[8]的长度相近。生长点下4~6节的平均长度为212 mm,标准差为57 mm,所以可将蔗茎在生长点以下4~6节折断、并且蔗尾5~6片包裹紧密的青叶也基本一起去除,定义为最佳断尾率,用 D_{op} 表示;而将在生长点至第6节之间任一点的折断,用合格断尾率 D_p 表示;而蔗茎不在这个范围的折断用不合格断尾率 D_{np} 表示。

指标计算方法如下

$$D_{op} = \frac{n_{4-6}}{n} \times 100\% \tag{1}$$

$$D_p = \frac{n_{0-6}}{n} \times 100\%$$
 (2)

$$D_{np} = \frac{n_{np}}{n} \times 100\%$$
 (3)

式中 n_{4-6} ——在蔗茎生长点以下 4~6 节折断且蔗尾 5~6 片包裹紧密的青叶也基本一起去除的茎秆数量
 n_{0-6} ——在蔗茎生长点至第 6 节折断的茎秆数量

n ——一次试验喂入的茎秆总数量
 n_{np} ——不在蔗茎生长点至第 6 节折断的茎秆数量

3.2 正交试验结果分析

正交试验结果如表 2 所示。3 个试验指标中,最佳断尾率 D_{op} 和合格断尾率 D_p 越大越好, D_{np} 越小越好,用综合平衡法分析最优参数组合,主要考虑 D_{op} , 其次是 D_p 和 D_{np} 。

表 2 正交试验结果
Tab.2 Results of orthogonal experiment

试验号	A	B	A×B	C	A×C	B×C		D	A×D	B×D	C×D			D_p	D_{op}	D_{np}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	/%	/%	/%
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16.7	16.7	13.3
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	33.3	26.7	13.3
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	13.3	13.3	10.0
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	13.3	13.3	13.3
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	10.0	3.3	13.3
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	10.0	6.7	16.7
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	13.3	10.0	13.3
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	16.7	13.3	13.3
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3.3	0	20.0
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	0	0	10.0
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	0	0	3.3
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3.3	0	13.3
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	36.7	36.7	16.7
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	26.7	23.3	33.3
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	43.3	30.0	33.3
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	16.7	13.3	40.0
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	30.0	26.7	16.7
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	23.3	20.0	20.0
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	6.7	6.7	10.0
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	16.7	16.7	10.0
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	23.3	6.7	6.7
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	3.3	3.3	26.7
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	0	0	16.7
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	3.3	0	10.0
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	40.0	26.7	30.0
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	70.0	63.3	13.3
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	40.0	30.0	20.0

对最佳断尾率 D_{op} 来说,根据方差分析(表 3)中平均偏差平方和(MS)确定因素的主次顺序为: C , B , $C \times D$, D , $A \times C$, $B \times C$, A , $A \times D$, $A \times B$, $B \times D$ 。在 95% 的置信区间内,因素 B 、 C 、 D 和交互作用 $C \times D$ 对 D_{op} 影响显著,交互作用 $A \times C$ 的 F -sig 值为 0.051,可认为近似显著;因素 A 和其余交互作用对 D_{op} 影响不显著。由因素主次顺序可知,因素 B 、 C 的单独作用效果大于其交互作用,方差分析仅知道 B 和 C 对 D_{op} 影响高度显著,为此进行极差分析,最优

水平根据极差分析得出的各因素对于指标结果的影响趋势图(图 5a)选取,得出因素 B 、 C 的最优水平分别为 B_3 和 C_1 。因素 A 和 D 的交互作用 $C \times D$ 和 $A \times C$ 的影响大于其单独作用,表明 C 和 D 、 A 和 C 的不同水平搭配对 D_{op} 影响较大。最优水平根据表 4 及表 5(D_{op} 数值越大越好)选取,得出因素 C 和 D 的最佳搭配组合为 C_1D_1 ,因素 A 和 C 的最佳搭配组合为 A_3C_1 ,而 C_1 是因素 C 的最优水平,所以因素 A 和 D 的最优水平分别是 A_3 和 D_1 。综合以上结果,

得到对于指标 D_{op} 的最优参数组合为 $A_3B_3C_1D_1$ 。

表 3 正交试验方差分析

Tab.3 Variance analysis of orthogonal experiment results

因素	D_{op}		D_p		D_{np}	
	MS	F -sig	MS	F -sig	MS	F -sig
A	86.69	0.103	156.305	0.090	106.74	0.10
B	407.30	0.004 **	594.329	0.005 **	324.31	0.01 *
$A \times B$	20.09	0.497	80.947	0.227	32.81	0.40
C	1 641.30	0 **	2 165.268	0 **	91.48	0.13
$A \times C$	130.00	0.051 *	94.591	0.187	45.06	0.30
$B \times C$	113.80	0.065	129.860	0.120	17.89	0.59
D	133.70	0.048 *	69.836	0.268	51.00	0.26
$A \times D$	27.49	0.398	39.356	0.444	168.53	0.04 *
$B \times D$	11.50	0.657	2.836	0.936	24.78	0.48
$C \times D$	165.70	0.032 *	194.836	0.061	45.86	0.29
误差	25.51		42.181		30.34	

注：表中 * 和 ** 分别表示在 95% 置信区间内有显著影响和高度显著影响。

对合格断尾率 D_p 来说,主次顺序为: $C,B,C \times D,A,B \times C,A \times C,A \times B,D,A \times D,B \times D$ 。在 95% 的置信区间内,因素 $B、C$ 对 D_p 影响显著。因素 $A、D$ 和交互作用对 D_p 影响不显著。由因素主次顺序可知,因素 $A、B、C$ 的单独作用效果大于其交互作用,因素 $A、B、C$ 的最优水平分别为 $A_3、B_3、C_1$ (图 5b)。因素 D 的交互作用 $C \times D$ 对 D_p 的影响大于其单独作用,最优水平根据表 6 (D_p 数值越大越好) 选取,得出因素 C 和 D 的最佳搭配组合为 C_1D_1 。综合以上结果,得到对于指标 D_p 的最优参数组合为 $A_3B_3C_1D_1$ 。

对不合格断尾率 D_{np} 来说,因素主次顺序为: $B,A \times D,A,C,D,C \times D,A \times C,A \times B,B \times D,B \times C$ 。在 95% 的置信区间内,因素 B 和交互作用 $A \times D$ 对 D_{np} 影响显著; $A、C、D$ 各因素及其余交互作用对 D_{np}

表 4 C 和 D 交互作用对 D_{op} 的影响

Tab.4 Influence of interaction between C and D on D_{op}

	D_1	D_2	D_3
C_1	36.7	31.13	21.1
C_2	13.33	16.67	7.77
C_3	4.43	1.10	3.33

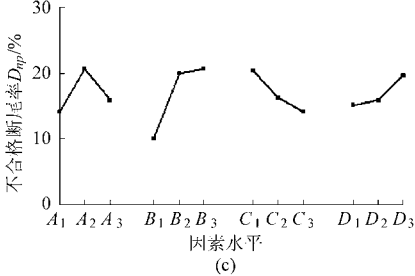
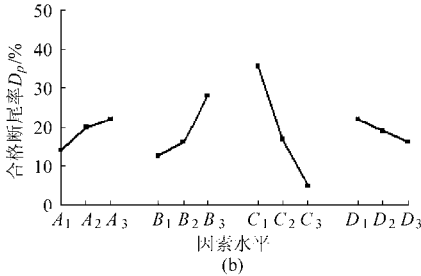
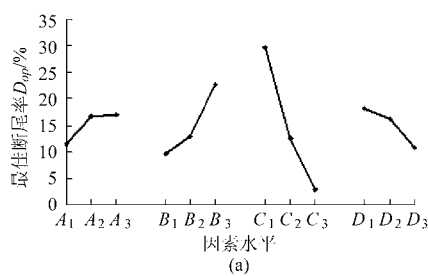


图 5 各因素对于指标结果的影响趋势图

Fig.5 Trend chart of influence of different factors on different indexes

表 5 A 和 C 交互作用对 D_{op} 的影响

Tab.5 Influence of interaction between A and C on D_{op}

	A_1	A_2	A_3
C_1	18.9	30	40
C_2	7.77	20	10
C_3	7.77	0	1.1

表 6 C 和 D 交互作用对 D_p 的影响

Tab.6 Influence of interaction between C and D on D_p

	C_1	C_2	C_3
D_1	43.33	15.57	6.67
D_2	36.67	17.77	2.20
D_3	26.67	16.67	5.53

影响不显著。由因素主次顺序可知,因素 $B、C$ 的单独作用效果大于其交互作用,最优水平分别为 B_1 和 C_3 (图 5c)。因素 $A、D$ 的交互作用 $A \times D$ 对 D_{np} 的影响大于其单独作用,最优水平根据表 7 (D_{np} 数值越小越好) 选取,得出因素 A 和 D 的最优水平为 A_3 和 D_1 。综合以上结果,得到对于指标 D_{np} 的最优参数组合为 $A_3B_1C_3D_1$ 。

表 7 A 和 D 交互作用对 D_{np} 的影响

Tab.7 Influence of interaction between A and D on D_{np}

	A_1	A_2	A_3
D_1	14.43	20	11.1
D_2	15.53	13.33	18.9
D_3	12.20	28.87	17.8

由上述方差分析结果表明, D_{op} 和 D_p 具有一致的最优参数组合 $A_3B_3C_1D_1$ 。 D_{np} 与 $D_{op}、D_p$ 具有一致的最优组合 A_3D_1,B_1C_3 则与 $D_{op}、D_p$ 不同 (表 3), 因素 C 对 D_{op} 和 D_p 的影响显著,是主要影响因素,对 D_{np} 的影响不显著,是次要影响因素;而且将因素 C 的 3 个水平对 D_{np} 的影响数据用 S-N-K 法进行差异性分析,结果表明 3 个水平对于 D_{np} 的影响相互之间差异不显著,所以因素 C 选取作为主要因素的最优水平 C_1 。因素 B 对 $D_{op}、D_p$ 和 D_{np} 的影响都显著,其中 B 因素对指标 D_{op} 和 D_p 的影响比对 D_{np} 的影响大,对于指标 D_{op} 和 D_p , B_3 均为最优水平,对于 D_{np} ,

B_1 为最优水平,可见 B_3 出现次数比 B_1 多,而且 D_{op} 是主要考察指标,所以因素 B 选取 B_3 为最优水平。综合上述分析,用综合平衡法得到的最优参数组合为 $A_3B_3C_1D_1$ 。

由表2正交试验的结果可知,第26号试验 $A_3B_3C_1D_1$ 中,最佳断尾率 D_{op} 为63.3%,断尾合格率 D_p 为70%,断尾不合格率 D_{np} 为13.3%,断尾效果较好,符合以上分析。试验过程中,甘蔗通过断尾机构,折断的尾部、大部分脱落的干枯蔗叶随着蔗茎经输出滚筒排出机外,落在蔗茎后方,小部分脱落的干枯蔗叶从滚筒间隙向下排出;由于断尾机构采用弯曲折断的方式折断尾部,蔗茎产生的最大弯曲应力 $\sigma_{\max} \leq \sigma$, σ 为蔗茎尾部脆弱部位弯曲应力,所以试验过程中未见有蔗汁流出的情况。

3.3 验证试验

表2正交试验结果中,除了26号试验,只有13号组合的最佳断尾率 D_{op} 超过30%,所以为了验证最优参数组合 $A_3B_3C_1D_1$ 的断尾效果,进行验证试验,试验连续喂入10根甘蔗,重复3次,取其平均值,试验结果为:最佳断尾率 D_{op} 为60%,断尾合格率 D_p 为73.3%,断尾不合格率 D_{np} 为16.7%。

试验结果与正交试验第26号试验结果(表2)基本一致,验证了在试验条件下,所设计的断尾机构最优参数组合为 $A_3B_3C_1D_1$,即输入、输出滚筒的转速为250 r/min,断尾滚筒的转速为550 r/min,上、下断尾滚筒的中心距为300 mm,断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置角为 -20° 。

4 结论

(1)试验结果表明本文设计的断尾机构能够将甘蔗尾部5~6片包裹紧密的青叶连同茎秆尾梢部分一起断除,断尾长度合理,合格断尾率达到70%,最佳断尾率达到63.3%。

(2)断尾滚筒的中心距和断尾滚筒的转速对最佳断尾率的影响高度显著,断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置角对其影响显著,其中断尾滚筒中心距的影响大于断尾滚筒转速和断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置角的影响。

(3)在试验条件下,该断尾机构的最优参数组合为:输入、输出滚筒的转速为250 r/min,断尾滚筒的转速为550 r/min,断尾滚筒的中心距为300 mm,断尾滚筒上、下弹性条相对安装位置角为 -20° 。

参 考 文 献

- 刘文秀. 我国甘蔗收获质量现状及标准[J]. 农机科技推广, 2009(9): 39~40.
- 姚炜. 广西甘蔗收获机械化发展模式的研究与探讨[J]. 农业技术与装备, 2009(1): 36~37.
- 吕勇, 杨坚, 乔艳辉. 甘蔗收割机械的发展概述[J]. 南方农机, 2006(5): 26~27.
- 麻芳兰, 蒋红梅, 李尚平, 等. 整秆式甘蔗收获机剥叶断尾机构设计与试验[J]. 农业机械学报, 2012, 43(6): 73~78.
Ma Fanglan, Jiang Hongmei, Li Shangping, et al. Design and experiment on cleaning leaves and breaking tails mechanism of whole-stalk sugarcane harvester [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(6): 73~78. (in Chinese)
- 江永, 沈力, 胡朝晖, 等. 广东原料甘蔗质量管理的问题及对策[J]. 甘蔗糖业, 2008(4): 50~54.
Jiang Yong, Shen Li, Hu Zhaohui, et al. Problems and countermeasures of millable cane quality management in Guangdong Province[J]. Sugarcane and Canesugar, 2008(4): 50~54. (in Chinese)
- 牟向伟. 弹性齿滚筒式甘蔗剥叶装置叶鞘剥离机理[D]. 广州: 华南农业大学, 2011.
Mou Xiangwei. Leaf sheath stripping mechanism using elastic dentation-roller-type sugarcane leaf-stripping device [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- 黄国生. 浅谈现阶段甘蔗收获机械化对糖厂原料蔗的影响及对策[J]. 广西农业机械化, 2009(6): 24~27.
- 轻工业部甘蔗糖业研究所, 广东省农业科学院. 中国甘蔗栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1985.
- 丁启朔, Tangwongkit Borpit. 甘蔗收获技术的发展与思考[J]. 农机化研究, 2001(1): 5~7.
- 任晓智. 小型甘蔗收获机械断尾机构的创新设计与仿真研究[D]. 南宁: 广西大学, 2003.
Ren Xiaozhi. Innovation design and simulation research of cane top cutting mechanism for minitype sugar cane harvester [D]. Nanning: Guangxi University, 2003. (in Chinese)
- 江少杰. 小型甘蔗收获机断尾机构创新设计与仿真试验分析[D]. 南宁: 广西大学, 2007.
Jiang Shaojie. Innovative design and simulation experiment research of cane-end cutting mechanism for mini-type sugar harvester [D]. Nanning: Guangxi University, 2007. (in Chinese)
- 廖平伟, 张华, 罗俊, 等. 我国甘蔗机械化收获现状的研究[J]. 农机化研究, 2011, 33(3): 26~29.
Liao Pingwei, Zhang Hua, Luo Jun, et al. Study on the status of sugarcane harvest mechanization in China [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, 33(3): 26~29. (in Chinese)
- 牟向伟, 区颖刚, 刘庆庭, 等. 弹性齿滚筒式甘蔗剥叶装置[J]. 农业机械学报, 2012, 43(4): 60~65.
Mou Xiangwei, Ou Yinggang, Liu Qingting, et al. Elastic dentation roller type sugarcane leaf-stripping device [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(4): 60~65. (in Chinese)

13 Evans R, Han G S, Kroeger M W. Spatial distribution and uniformity evaluations for chemigation with center pivots [J]. Transactions of the ASAE,1995,38(1):85~92.

14 喻黎明,吴普特,牛文全. 喷头组合间距、工作压力和布置形式对喷灌均匀系数的影响[J]. 水土保持研究,2002,9(1):154~157.
Yu Liming, Wu Pute, Niu Wenquan. Influence of the combination distance, work pressure and layout form of sprinkler head on uniformity coefficient in irrigation [J]. Research of Soil and Water Conservation ,2002,9(1):154~157. (in Chinese)

15 Zhang Lin, Gary P Merkley, Kasem Pinthong. Assessing whole-field sprinkler irrigation application uniformity [J]. Irrigation Science, 2011,doi:10. 1007/s00271-011-0294-0. (published online)

16 雷应海,朱旦生. 多喷头组合喷洒均匀度的矩阵叠加算法[J]. 甘肃水利水电技术,1993,6(2):17~20.
Lei Yinghai, Zhu Dansheng. Matrix calculation for combined irrigation uniformity of sprinklers [J]. Gansu Water and Hydropower Engineering, 1993,6(2):17~20. (in Chinese)

17 朱旦生,刘佳莉. 用傅里叶变换表示喷灌组合均匀度[J]. 水利学报,1998,29(10):27~31.
Zhu Dansheng, Liu Jiali. Using Fourier transforms to express sprinkler overlapping uniformity [J]. Journal of Hydraulic Engineering,1998,29(10):27~31. (in Chinese)

18 韩启彪,孙浩,仵峰,等. 喷灌均匀度研究现状及发展趋势[J]. 节水灌溉,2011(12):74~77.
Han Qibiao, Sun Hao,Wu Feng, et al. Research status and development trends on sprinkler uniformity coefficient [J]. Water Saving Irrigation,2011(12):74~77. (in Chinese)

19 韩文霆,吴普特,杨青,等. 喷灌水量分布均匀性评价指标比较及研究进展[J]. 农业工程学报, 2005,21(9):172~177.
Han Wenting, Wu Pute, Yang Qing, et al. Advances and comparisons of uniformity evaluation index of sprinkle irrigation [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005,21(9):172~177. (in Chinese)

20 劳东青. 喷灌水量分布及均匀度计算和评价系统开发[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2007.
Lao Dongqing. The evaluation system development of sprinkler irrigation water distribution and uniformity calculation [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2007. (in Chinese)

21 劳东青,韩文霆. 喷头水量分布仿真及组合优化软件系统研究[J]. 节水灌溉,2010(1):42~46.
Lao Dongqing, Han Wenting. Research on software for sprinkler water distribution dynamic simulation and spacing optimization [J]. Water Saving Irrigation, 2010(1):42~46. (in Chinese)

22 ANSI/ASAE. S330. 1. Procedure for sprinkler distribution testing for research purposes[S]. ASAE, 2003.

23 黄修桥,廖永诚,刘新民. 有风条件下喷灌系统组合均匀度的计算理论与方法研究[J]. 灌溉排水,1995,14(1):12~18.
Huang Xiuqiao, Liao Yongcheng, Liu Xinmin. The compound uniformity of sprinkler irrigation system under wind condition: a study on its calculation theories and methods[J]. Irrigation and Drainage,1995,14(1):12~18. (in Chinese)

24 韩文霆. 喷灌均匀度的三次样条两次插值计算方法研究[J]. 农业机械学报,2008,39(10):134~139.
Han Wenting. Calculation of sprinkler irrigation uniformity by double interpolation using cubic splines and linear lines [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(10):134~139. (in Chinese)

25 邱轶兵. 试验设计与数据处理[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2008:58~117.

26 朱德兰,吴普特,王剑. 滴头制造偏差对灌水均匀度及毛管造价的影响[J]. 排灌机械工程学报,2011,29(2):175~179.
Zhu Delan, Wu Pute, Wang Jian. Effect of emitters manufacturing variation of micro-irrigation on uniformity and lateral cost[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2011,29(2):175~179. (in Chinese)

(上接第 94 页)

14 李整民. 甘蔗剥叶机的设计与试验[J]. 热带作物机械化,1992(3):44~46.

15 宮部芳照,阿部正俊,小島新. さとうきび脱葉機の開発に関する基礎的研究:蔗茎の衝撃抵抗について:第3報[J]. 鹿兒島大學農學部學術報告, 1979, 29(3): 245~248.
Yoshiteru Miyabe, Masatoshi Abe, Shin Kojima. Fundamental studies on the development of a leaf-stripping-machine for sugar cane Ⅲ on the impacting resistance of sugar cane stalk [J]. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1979, 29(3): 245~248. (in Japanese)

16 刘庆庭. 甘蔗切割机理[D]. 广州:华南农业大学,2004.
Liu Qingting. The cutting mechanism of sugarcane[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2004. (in Chinese)

17 杨坚,黄丽丽,杨望,等. 弯、直蔗剥叶质量影响因素的试验[J]. 农业工程学报,2009,25(4):123~129.
Yang Jian, Huang Lili, Yang Wang, et al. Experiment on the factors affecting the detrashing quality of the straight and bending sugarcane[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(4): 123~129. (in Chinese)