

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.S2.019

禾本科牧草种子收获机设计与试验*

王全喜 马卫民 王振华 刘志刚 杨莉

(中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院, 呼和浩特 010010)

摘要: 针对禾本科牧草种子单位产量和种草比低, 种子成熟后植株茎叶含水率较高, 不适宜全喂入收获的特点, 提出了割前脱粒收获原理, 完成了采集器、刷辊等主要工作部件以及整机的结构设计和参数选择。试验结果表明: 工作速度为 9.0 ~ 9.7 km/h, 收获披碱草、老芒麦和羊草的收获能力分别为 2.8 hm²/h、2.8 hm²/h、2.6 hm²/h, 梳刷损失率分别为 1.41% ~ 1.43%、1.33% ~ 1.51%、1.54% ~ 1.70%, 收获披碱草的单位面积耗油量为 24.6 ~ 25.6 L/hm², 收获机进口风速、泄风风速和排风风速分别为 19.0 m/s、14.9 m/s、3.9 m/s。

关键词: 牧草种子 割前脱粒 梳刷

中图分类号: S817.8⁺5 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2013)S2-0096-06

Design and Experiment on Gramineous Herbage Seed Harvester

Wang Quanxi Ma Weimin Wang Zhenhua Liu Zhigang Yang Li

(Huhhot Branch, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Huhhot 010010, China)

Abstract: According to the harvest characteristics of low yield per unit and grass ratio of gramineous herbage seeds, high moisture content of plant stem and leaf when the seeds matured, and not suitable for all feed gain, the harvest principle of threshing prior to cutting was proposed. The main working parts, such as collector, brush roller and whole structure were designed. Also the parameters were selected. Test results listed as follows: the working speed of 9.0 ~ 9.7 km/h. When it was used to harvest *elymus dahuricus*, *elymus sibiricus* and Chinese wildrye, the harvest ability were 2.8 hm²/h, 2.8 hm²/h and 2.6 hm²/h, respectively. The comb brush loss rate were 1.41% ~ 1.43%, 1.33% ~ 1.51% and 1.54% ~ 1.70% respectively. The fuel consumption of harvesting *elymus dahuricus* was 24.6 ~ 25.6 L/hm². The imports of wind speed, leakage of wind speed and the exhaust wind speed of harvesting machine were 19.0 m/s, 14.9 m/s and 3.9 m/s, respectively.

Key words: Herbage seed Threshing before cutting Comb-and-brush

引言

有芒的禾本科牧草种子, 种子之间易粘连, 茎叶和种子缠绕在一起, 分离困难。种子单位产量和种草比低, 种子成熟后植株茎叶含水率较高, 不适宜全喂入收获。种子成熟后自然落粒性强, 必须在 15 d 左右的成熟期内完成收获^[1-3]。为了解决禾本科牧草种子的收获问题, 本文提出采用牧草割前收获(或站秆收获)方法。即不切割牧草, 只收获种子,

种子收获后, 还可以继续收获牧草^[1]。无切割方式收获种子在小麦和水稻上有所采用, 大多采用捋草穗的方式^[2]。本文拟采用梳刷的方式进行禾本科牧草种子收获。

1 整机结构及工作原理

1.1 整机结构

如图 1 和图 2 所示, 禾本科牧草种子收获机(以下简称收获机)主要由采集器(包括刷辊、上圆弧

收稿日期: 2013-06-23 修回日期: 2013-07-20

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B00)、农业部草原畜牧业装备技术重点实验室资助项目(2012NJ-001)和太阳能干燥技术装备国家地方联合工程实验室资助项目(2011SJ018)

作者简介: 王全喜, 研究员, 主要从事种子收获和加工机械研究, E-mail: wqx88@126.com

板、下圆弧板、沉积室、泄风系统和百叶窗等)、传动系统(包括传动轴和变速箱等)、牵引装置(包括牵引销、牵引索和牵引杆等)和升降机构(包括螺纹丝杠、伞齿轮副和摇把等)等部分组成^[4]。

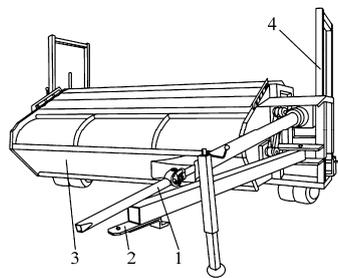


图 1 收获机总体结构简图

Fig. 1 Overall structure diagram of harvesting machine

1. 传动系统 2. 牵引装置 3. 采集器 4. 升降机构

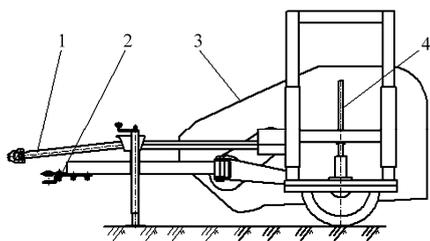


图 2 收获机侧向示意图

Fig. 2 Sideways diagram of harvesting machine

1. 传动系统 2. 牵引装置 3. 采集器 4. 升降机构

收获机选择拖拉机牵引的作业方式,能够降低设备的制造和使用成本;采用梳刷脱粒的采收方式,可避免采收过程对种子的伤害。同时,高速旋转的刷辊能够产生很大的气流,不需要另外配置风机,降低了设备的成本,提高了设备使用的可靠性。收获机同时具有脱粒机、吸尘器、风选器和拖车 4 种设备的功能:高速转动的刷辊撞击草穗使种子脱离草穗,起到脱粒机的作用;刷辊产生的气流使脱粒种子进入沉积室,起到吸尘器的作用;通过沉积室、进风系统和排风系统让气流速度发生改变,起到了风力分离种子与轻杂的作用。

1.2 工作原理

如图 3 所示,收获机作业时,牵引装置与拖拉机牵引杆连接,传动系统与拖拉机动力输出轴连接。手动调节采集器距离地面的高度,使刷辊中心与植株等高。收获机的主要工作部件是采集器。作业过程是:机器在前进中刷辊接触牧草。刷辊顺着茎秆自下而上梳刷草穗。在刷辊冲击力的作用下,使牧草种子与茎秆脱离,完成脱粒过程。由于刷辊高速旋转,在刷辊与采集器上圆弧板之间的通道中产生高速气流,在通道里形成一个负压区。在通道的入口处对草穗有吸附作用,使草穗靠近刷辊便于脱粒。脱粒后的牧草种子被吸入通道,顺着气流进入沉积

室。由于沉积室空间大,风速在这里降低,牧草种子下降到沉积室的底部,而大部分轻杂随风经百叶窗被吹出机外。当沉积室充满种子时,拖拉机停止,种子从卸料门人工排出。

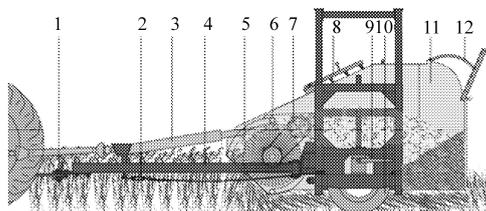


图 3 收获机工作原理图

Fig. 3 Working principle diagram of harvesting machine

1. 牵引销 2. 牵引索 3. 传动轴 4. 牵引杆 5. 刷辊 6. 上圆弧板 7. 变速箱 8. 百叶窗 9. 升降机构 10. 行走轮 11. 沉积室 12. 泄风系统

采集器结构如图 4 所示。刷辊的作用是梳刷种子和产生气流。为了在刷辊前部形成负压区吸捕种子,在刷辊上部形成高速气流抛送种子,在刷辊后部形成一个风障区域隔绝沉积室气流移向刷辊(气流必须向泄风方向移动),设计了上圆弧板。下圆弧板的作用是使沉积室的下部不存在气流,利于存放种子。泄风机构的作用是使种子在沉积室充分沉降,控制种子不被吹出。为了使较轻的杂余能被吹出机外的同时又能阻挡风雨对种子的侵蚀,设计了百叶窗。卸料门是种子能顺利排出的通道。

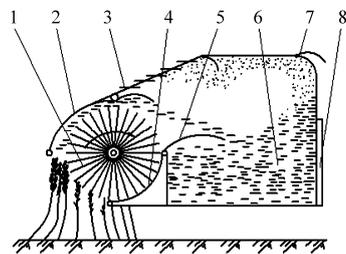


图 4 采集器示意图

Fig. 4 Diagram of collector

1. 刷辊 2. 上圆弧板 3. 百叶窗 4. 下圆弧板 5. 抛料板
6. 沉积室 7. 泄风机构 8. 卸料门

2 主要工作部件结构设计和参数选择

2.1 收获机参数选择

将收获机能够收获的最低牧草草穗高度设定为 400 mm,刷辊离地最小间隙设定为 150 mm。收获时,刷辊中心适宜的工作位置是与草穗顶端等高。据此确定刷辊直径为 700 mm。刷辊线速度若超过 36 m/s,牧草种子易破碎,故刷辊转速为 $n = 950 \text{ r/min}$ 。在草地上拖拉机和收获机适宜的行走速度是 10 km/h 左右。选择常用的 36.8 kW 以上拖拉机为收获机的牵引动力。作业方式为拖拉机牵引侧位作业,收获机刷辊动力来于拖拉机动力输出轴。如此

作业条件,收获机的工作幅宽 3 m 较适宜。禾本科牧草种子产量在 450 kg/hm^2 左右,种子容积密度在 100 kg/m^3 左右,选择收获 0.67 hm^2 左右卸一次草籽,确定沉积室容积为 3 m^3 。刷辊的作用是梳刷脱粒种子,与上下圆弧板配合产生吸入气流将脱粒后的种子输送进入沉积室。综合考虑刷辊的制造成本、梳刷次数和旋转产生的进口风速的要求(大于 15 m/s)。通过试验,确定尼龙丝沿刷辊周向排列 35 行,轴向丝距为 8 mm。

2.2 上圆弧板前伸量和收获角分析

刷辊梳刷过程如图 5 所示。 O_1 点为采集器旋转中心。 O_2 点为刷辊上圆弧板的圆弧中心。采集器以速度 v 从右向左前进。 A 点为上圆弧板的下端点。 B 是刷辊外圆左侧象限点。 AC 是刷辊外径的切线, C 是切点,称其为梳刷临界点。 α 是 AO_1 与 CO_1 的夹角,称其为收获角。

草穗在 C 点以上时,草穗上被梳刷下的草籽被刷辊直接抛向上圆弧板,然后反弹进入上圆弧板与刷辊形成的进风通道中。 C 点位置确定的原则是使大部分草穗上的草籽在 C 点之上已脱落干净。在刷辊外径尺寸一定情况下, α 角增大,前伸量 AB 则增大,草穗在临界点前的梳刷时间增长,梳刷次数增多,损失减少。但 AB 过大时,进风通道中的风速降低,则被梳刷下的草籽有可能不被吸入沉积室。

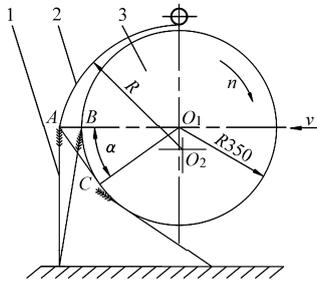


图 5 刷辊梳刷原理图

Fig. 5 Comb and brush principle diagram of brush roller

1. 植株 2. 上圆弧板 3. 刷辊

为了保证梳刷的脱净率,在 AC 之间刷辊对草穗的梳刷次数一般要求大于 20 次(刷辊有 35 行尼龙丝,转动一圈梳刷草穗 35 次),依据刷辊转速和排列行数计算,刷辊需要转动 205.7° ,运转 $3.63 \times 10^{-2} \text{ s}$ 。设计要求收获机能够适应的最大牧草穗幅高度差为 200 mm,以此确定的最小收获角为 30° 。当植株在 30° 收获角的位置与刷辊接触时,根据收获机作业行走最高速度 9 km/h 计算,梳刷 20 次, $3.63 \times 10^{-2} \text{ s}$ 收获机行走距离为 90 mm,90 mm 的弦对应刷辊的圆心角是 1.5° 。综合考虑穗幅高度差和 20 次最少梳刷次数要求,确定最小收获角为两者之和 31.5° ,考虑安全系数,收获机收获角选 36° 。

依据收获角计算上圆弧板的前伸量为 83 mm。

2.3 刷辊结构设计

刷辊主要由钢管、半轴、平胶带、尼龙丝等部分组成。尼龙丝直径 2 mm。首先将尼龙丝定形成 U 形,在平胶带上按规定的孔距和螺距加工出孔,将 U 形尼龙丝插入,再将平胶带缠绕在钢管上,末端用卡子固定。刷辊结构形式有两种方案。一种是刷辊两端的支撑轴和钢管为整体结构,这就需要在采集器侧板上加工 500 mm 左右的圆孔,把刷辊放入后再将该圆孔用堵板封堵。另一种是刷辊两端的支撑轴和钢管为分体结构,即两端半轴,中间钢管,之间用螺栓连接。安装时,刷辊中间段(钢管部分)可以从收获机草穗喂入方向放入采集器,再将两端半轴从采集器侧板刷辊支撑孔放入,支撑孔直径 200 mm 即可。本文设计采用了后者。

3 试验

3.1 试验条件

试验对象为披碱草、老芒麦和羊草。试验地点在呼伦贝尔市鄂温克旗。草场面积为 2000 hm^2 。当地披碱草和老芒麦收获期基本一致,羊草收获期比披碱草和老芒麦晚 12 d 左右。全面性能测定选择披碱草为对象,目的是检测收获机性能。老芒麦和羊草主要用于收获能力和梳刷损失率的测定,目的是了解收获机对我国天然草场生长广泛的禾本科牧草种子收获的适应性。3 种牧草种子产量都在 450 kg/hm^2 左右,收获前种子含水率为 20% ~ 25%。披碱草、老芒麦和羊草种子的千粒质量分别为 $4.0 \sim 4.5 \text{ g}$ 、 $3.5 \sim 4.0 \text{ g}$ 、 $1.8 \sim 2.2 \text{ g}$ 。配套拖拉机为天拖 JDT654 型,拖拉机动力输出轴转速为 540 r/min 。

3.2 性能试验

试验前对收获机进行空载试运转,并将其调整到最佳状态。试验找出收获机刷辊转速适宜数值。在该转速下,测试收获机的收获能力、梳刷损失率、单位面积耗油量、进口风速、泄风风速、排风风速等指标。

3.2.1 刷辊转速

在拖拉机动力输出轴上安装 NJ 系列转矩转速传感器,显示仪器放置在拖拉机驾驶室内。试验时,调节拖拉机油门,使刷辊转速达到试验要求值,对披碱草进行采收作业,测量梳刷损失率、单位面积耗油量、收获能力和进口风速 4 项指标。

3.2.2 收获能力

收获机沉积室充满种子后,测量采收面积,从种子采收开始至采收结束止,记录纯工作时间,计算收

获能力

$$E_c = \frac{m}{10\,000T_c} \quad (1)$$

式中 E_c ——收获能力, hm^2/h
 m ——采收面积, m^2
 T_c ——纯工作时间, h

3.2.3 梳刷损失率

在未采收过种子的草场上,随机选取 3 个区域,每个区域的面积为 1 m^2 ,采用人工的方法收割区域内植株上的草穗,脱粒后测定种子质量,取平均值。在采收过种子的草场上,随机选取 3 个区域,每个区域的面积为 1 m^2 ,采用人工的方法捡拾收集区域内地面上的种子和植株草穗上未脱粒的种子,测定种子质量。计算梳刷损失率

$$S = \frac{W_c}{W} \times 100\% \quad (2)$$

式中 S ——梳刷损失率, %
 W_c ——收获后单位面积植株上未脱粒和落地种子质量, kg/m^2
 W ——每平方米产种质量, kg/m^2

3.2.4 单位面积耗油量

将拖拉机油箱加满油,在每次油箱油量警示灯亮起时,再将油箱加满油,记录加油量。测量和记录油箱加满油至警示灯亮起时间内收获机的作业面积。计算单位面积耗油量

$$A = \frac{V}{m_1} \quad (3)$$

式中 A ——单位面积耗油量, L/hm^2

V ——整箱油到警示灯亮起耗油量, L

m_1 ——耗油作业面积, hm^2

3.2.5 进口风速

在拖拉机静止状态,调节拖拉机油门,用转速表测量刷辊转速,使刷辊转速达到试验要求值。在与刷辊中心等高,上圆弧板的前伸量 AB 的中心位置测量进口风速。沿收获机幅宽方向选择两端和中部共 3 点进行测量,取平均值 v_1 。

3.2.6 泄风风速

在拖拉机静止状态,调节拖拉机油门,用转速表测量刷辊转速,使刷辊转速达到试验要求值。使泄风门和百叶窗全部开启,在接近泄风系统 50 mm ,沿收获机幅宽方向选择泄风门两端和中部共 3 点进行测量,取平均值 v_2 。

3.2.7 排风风速

在拖拉机静止状态,调节拖拉机油门,用转速表测量刷辊转速,使刷辊转速达到试验要求值。使泄风门和百叶窗全部开启,在接近百叶窗 50 mm ,沿收获机幅宽方向选择百叶窗两端和中部共 3 点进行测量,取平均值 v_3 。

3.2.8 收获机适应性

在上述试验的基础上,进行该项试验。披碱草、老芒麦和羊草种子悬浮速度 ($4 \sim 6\text{ m/s}$) 基本接近,选择刷辊转速为 $950\text{ r}/\text{min}$,测定收获机采收老芒麦和羊草种子的收获能力和梳刷损失率 2 项性能指标。

3.3 结果及分析

将性能试验测试数据汇总,见表 1 和表 2。

表 1 披碱草采收性能指标测定结果

Tab.1 Measurement results of performance indexes of elymus dahuricus

测定批次	刷辊转速 $n/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	采收面积 m^2	纯工作 时间 T_c/h	收获后单位面积 上的种子质量 $W_c/\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	单位面积 产种质量 $W/\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	整箱油到警示 灯亮起耗油量 V/L	耗油作业 面积 m_1/hm^2	进口风速 $v_1/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	泄风风速 $v_2/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	排风风速 $v_3/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
1	900	6 667	0.30	8.2×10^{-4}	4.6×10^{-2}	69	2.0	17.7	14.2	3.1
2	925	6 667	0.28	7.1×10^{-4}	4.6×10^{-2}	69	2.5	18.1	14.5	3.4
3	950	6 667	0.25	6.5×10^{-4}	4.6×10^{-2}	69	2.7	18.7	14.8	3.7
4	975	6 667	0.23	6.6×10^{-4}	4.6×10^{-2}	69	2.8	19.3	15.1	4.0
5	1 000	6 667	0.21	7.5×10^{-4}	4.6×10^{-2}	69	2.9	19.9	15.3	4.3
6	1 025	6 667	0.19	8.1×10^{-4}	4.6×10^{-2}	69	3.0	20.2	15.5	4.6

表 2 老芒麦和羊草采收性能指标测定结果

Tab.2 Measurement results of performance indexes of elymus sibiricus and Chinese wildrye

测定批次	采收老芒麦 面积 m^2	采收羊草 面积 m^2	老芒麦纯 工作时间 h	羊草纯工作 时间 h	老芒麦收获后单位 面积上的种子质量 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	羊草收获后单位 面积上的种子质 量 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	老芒麦单位面积 产种质量 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	羊草单位面积 产种质量 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
1	6 667	6 667	0.24	0.26	6.0×10^{-4}	8.5×10^{-4}	4.5×10^{-2}	5.0×10^{-2}
2	6 667	6 667	0.24	0.26	6.0×10^{-4}	7.7×10^{-4}	4.3×10^{-2}	5.0×10^{-2}
3	6 667	6 667	0.24	0.25	6.5×10^{-4}	7.8×10^{-4}	4.3×10^{-2}	4.9×10^{-2}

3.3.1 刷辊转速

表1的试验数据,按式(1)~(3)计算,得出收获能力、梳刷损失率和单位面积耗油量3项指标数值。绘制性能指标与刷辊转速关系的曲线如图6。

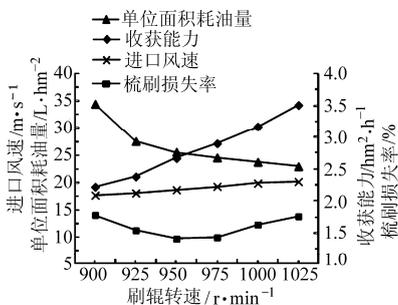


图6 披碱草性能指标与刷辊转速的关系曲线

Fig.6 Relationship between performance indexes of elymus dahuricus and brush roll speed

从图6可以看出,随着刷辊转速的增大,收获能力和进口风速增加。刷辊转速增加,单位时间刷辊梳刷草穗次数增加,在保证脱净率的情况下,拖拉机行走速度可以相应地提高,这样,收获能力也就提高了。转速增加,刷辊产生的气流速度增加,进口风速增加。

从图6可以看出,随着刷辊转速的增大,单位面积耗油量降低。收获机燃油消耗主要用于机组行走和刷辊旋转。从以上分析可知,转速增加,拖拉机行走速度可以相应地提高,这样,拖拉机处于较经济的时速内,百公里耗油减少。但不同的是,刷辊转速增加会加大燃油消耗。行走节能大于刷辊旋转增加的能耗。综合结果是单位面积耗油量降低。

从图6可以看出,随着刷辊转速的增大,梳刷损失率开始减小,随后又增加。刷辊转速增加,单位时间刷辊梳刷草穗次数增加,草穗脱净率增大,但进口风速、泄风风速和排风风速增加。进口风速增加,种子脱粒后落地的机会减小,有利于降低梳刷损失率。泄风风速和排风风速的增加,有利于轻杂质通过百叶窗排出,但增加到一定程度也容易造成好种子被吹出机外,造成梳刷损失率增大。所以对于梳刷损失率来说,随着刷辊转速的增加,开始时减小,当超过950 r/min以后,开始增加。

通过以上分析,综合考虑收获能力、梳刷损失率和单位面积耗油量等,刷辊转速在950~975 r/min范围内比较适宜。

3.3.2 收获能力

由表1的试验数据,根据式(1)计算收获能力。刷辊转速在950~975 r/min范围内的收获能力为2.7~2.9 t/hm²·h。该值除以收获机幅宽3 m,获得拖拉机适宜的行走速度为9.0~9.7 km/h。影响收获

能力的主要因素是拖拉机行走速度和梳刷损失率。选择种子收获的适宜时间十分关键。收获早,种子成熟度不够,更主要的是梳刷脱粒困难,梳刷损失率高。收获晚,种子成熟好,但种子易自然落粒,种子损失量大。披碱草种子适宜的收获期在15 d左右。当草穗用双手往复搓擦5次全部脱落为标准,而达到这样标准的草穗占比在80%左右时,整片草场即可以开始收获。草穗脱粒需要的梳刷次数减少,有利于提高收获能力。草穗脱粒需要的梳刷次数少于2次的时候,种子的自然落粒性增强,种子损失量增大,说明收获时期已晚。

3.3.3 梳刷损失率

从表1的试验数据,根据式(2)计算梳刷损失率。刷辊转速在950~975 r/min范围内的梳刷损失率为1.41%~1.43%,非常低。影响梳刷损失率的主要因素是种子的收获期、刷辊转速和气流速度(吸入气流速度、沉降气流、泄风速度和排风速度)。适宜的种子收获期有利于减少种子自然落粒和提高草穗种子的脱净率。刷辊转速影响梳刷次数和气流速度。在能保证草穗种子的脱净率和梳刷掉的种子吸入沉积室的情况下,刷辊转速低一些较好。因为刷辊转速高产生的气流速度高,泄风速度要求高,这样泄风网容易堵塞,增加了收获期间的清理堵塞的次数,泄风网堵塞使排风速度增大,容易造成种子吹出机外。

3.3.4 单位面积耗油量

由表1的试验数据,根据式(3)计算单位面积耗油量。刷辊转速在950~975 r/min范围内的耗油量为24.6~25.6 L/hm²。耗油主要用于拖拉机和收获机的行走,以及驱动刷辊转动。行走油耗基本稳定。刷辊转动油耗的多少取决于刷辊转速的高低。在草穗成熟不足时,脱粒较困难,需要加大油门提高刷辊转速,造成油耗增加。工作时,在保证拖拉机以9.0~9.7 km/h以内的某个稳定速度行走和保证草穗脱净率的情况下,使刷辊转速尽可能低一些,是一种合理的选择。

3.3.5 进口风速

进口风速平均为19.0 m/s(表1)。该值是披碱草、老芒麦和羊草种子悬浮速度(4~6 m/s)的3倍以上,完全能保证种子的可靠吸入。进口风速的大小取决于刷辊转速。在梳刷损失率能接受的范围内,可以降低刷辊转速,以减少油耗。

3.3.6 泄风风速

泄风风速平均为14.9 m/s(表1)。该值略小于进口风速。说明泄风系统泄风能力强,不会造成种子通过百叶窗吹出机外的现象。工作时,通过调节

泄风系统的开度,控制泄风量,使比种子轻的杂质能够通过百叶窗吹出机外。

3.3.7 排风风速

排风风速平均为 3.9 m/s(表 1)。该值小于披碱草、老芒麦和羊草种子的悬浮速度,完全能保证种子不被吹出机外。工作时,百叶窗全部打开。户外停放时,百叶窗关闭。

3.3.8 收获机适应性

由表 2 的试验数据,根据式(1)计算收获能力,得出老芒麦和羊草收获能力分别为 2.8 hm²/h、2.6 hm²/h,根据式(2)计算梳刷损失率,得出老芒麦和羊草的梳刷损失率分别为 1.33% ~ 1.51%、1.54% ~ 1.70%。结合披碱草有关性能指标可以看出,收获机十分适宜披碱草、老芒麦和羊草种子的收获。收获能力和梳刷损失率指标披碱草和老芒麦基

本相同,羊草的指标稍差些。其原因是羊草种子和草穗结合紧密,需要梳刷的次数增多,要求拖拉机降低行走速度,致使收获能力减小。即使这样,梳刷草穗的脱净率也还是比梳刷披碱草和老芒麦的低,造成梳刷损失率增大。

4 结论

(1)收获机可对披碱草、老芒麦和羊草等禾本科牧草的种子进行站秆收获。披碱草、老芒麦和羊草等禾本科牧草种子十分适宜采用梳刷的方式进行采收。

(2)收获机整机结构和主要工作部件设计合理,单位面积耗油量指标较低,采收禾本科牧草种子的收获能力、梳刷损失率、进口风速、泄风风速、排风风速等性能指标能满足使用要求。

参 考 文 献

- 1 王全喜,马卫民,刘志刚,等. 牧草种子收获机设计[C]. 2010 国际农业工程大会,上海,2010.
- 2 袁洪方,张洋,王光辉,等. 我国牧草种子收获机械发展评述[C]. 首届中国奶业大会,青岛,2010.
- 3 杨世昆,苏正范. 饲草生产机械与设备[M]. 北京:中国农业出版社,2009.
- 4 王全喜,马卫民,刘志刚,等. 牧草种子割前脱粒收获机:中国, ZL01276143.5[P]. 2003-03-26.
- 5 JB/T 10908—2008 割前脱牧草种子收获机[S]. 2008.
- 6 刘贵林,杨世昆,贾红燕,等. 我国苜蓿种子收获机械研究的现状和发展[J]. 草业科学, 2007,24(9):58~62.
Liu Guilin, Yang Shikun, Jia Hongyan, et al. The present situation and development of research about Medicago sativaseed harvesting machinery in China[J]. Pratacultural Science, 2007,24(9):58~62. (in Chinese)
- 7 王全喜,王培功. 改善牧草种子加工过程中种子的流动性[C]. 中国农业机械学会 2003 年学术年会论文集, 2003.
- 8 王全喜,王德成,杜建强,等. 牧草种子热泵辅助型太阳能储热干燥设备设计与试验[J]. 农业机械学报, 2012,43(增刊): 222~226.
Wang Quanxi, Wang Decheng, Du Jianqiang, et al. Design and experiment on heat pump assisted solar energy heat-storage drying equipment of herbage seed [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(Supp.): 222~226. (in Chinese)
- 9 王全喜,王德成,翟改霞,等. 苜蓿种子制丸的平底釜工作参数试验[J]. 农业机械学报, 2012,43(增刊):59~62.
Wang Quanxi, Wang Decheng, Zhai Gaixia, et al. Experimental study on alfalfa seed pelleting kettle operation parameters[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(Supp.):59~62. (in Chinese)
- 10 Gale G E. Automatic height control of a stripper harvester using a tactile sensor to detect the crop [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1995,61(4):217~226.