

天然草场助推式间歇排种器的设计、分析与试验

王栋科 杨松 张淑敏*

(中国农业大学 工学院,北京 100083)

摘要 为解决禾本科草种细长,千粒质量小,流动性差,易缠绕等造成的禾本科草种排种困难的问题,设计助推式间歇排种器。该排种器主要由种箱、种盒、护种轮、种刷、推种板、连杆和曲柄构成。工作时,通过曲柄转动,驱动推种板往复移动实现充种、清种、护种的排种过程。排种过程为主动排种,改变以往依靠种子自身重力和流动性实现被动排种的情况。根据排种器设计要求,确定影响工作性能的相关参数,并进行排种量稳定性试验。试验结果表明:排种器单次排种量为0.1375 g,满足禾本科草种排种量要求;试验过程中,排种器充种顺利,无草种堵塞和架空现象;排种器排种量稳定性变异系数为5.5,符合GB/T 25421—2010要求。

关键词 排种器;禾本科牧草;机械设计

中图分类号 S 223.1

文章编号 1007-4333(2012)04-0140-04

文献标志码 A

Design, analysis and test of intermittent boost seed-metering device for natural grassland

WANG Dong-ke, YANG Song, ZHANG Shu-min*

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract The seeds of gramineous pasture hold the properties of thin and long in size and light for its thousand grain weight, which leads them to be lack of flowability and intertwined during metering and even make the seed-metering device could not work smoothly. To solve this problem, we designed an intermittent boost seed-metering device consisting of seed tank, seed box, roller, seed brush, seed-pushing board, connecting rod and crank. During working, the rotating crank drives the seed-pushing board move reciprocatingly to complete the process of seed-filling, seed clearing, seed protection. The process of seeding is active and different from passive discharging that relies on the gravity. According to the seed-metering design requirements, the relevant parameters to the working performance was confirmed, and the stability of sowing quantity was tested. The experiment results show that the seeding process of the intermittent boost seed-metering device is easy and smooth. The weight of seeding each time is 0.1375 g, which meet the requirements. The coefficient of variation of the sowing quantity stability is 5.5, and satisfies the standard of GB/T 25421—2010.

Key words seed-metering device; gramineous pasture; mechanical design

受自然条件变化和人类活动的影响,天然草场退化面积逐年扩大^[1],造成了生态失衡、恶性循环和生产力下降,直接危及农牧业的生存和发展^[2]。大力推进牧草种植机械化是阻止天然草场退化的重要途径,也是生态农牧业发展的迫切需要^[3-4]。随着草畜矛盾的不断加大,我国加大了对牧草机械化的扶

持力度^[5-6]。实现牧草播种机械化是草场农牧业现代化进程的必然选择。

排种器是播种机的核心部件,播种机的播种方式和播种质量主要取决于排种器^[7]。多年来,国内外对播种机研究改进的中心问题也是对排种器的设计研究。牧草播种一般使用条播排种器,主要类型

收稿日期:2012-02-21

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203024)

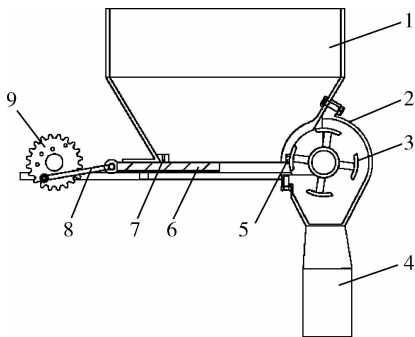
第一作者:王栋科,硕士研究生,E-mail:dongkewang@hotmail.com

通讯作者:张淑敏,教授,博士生导师,主要从事新型机械与机电设备研究、机械产品计算机虚拟设计研究,E-mail:zsm1957@cau.edu.cn

有内外槽轮式、水平或竖直圆盘式、磨纹圆盘式、刷式和振动式等。禾本科牧草是天然草场的优势植物，在天然草场中占有很大的比例。但播种禾本科草种时，由于禾本科牧草种子细长，千粒质量小，流动性差，易缠绕等造成了充种困难，从而影响排种器正常工作。近年来，国内外出现了可以播种禾本科牧草草种的排种器：Singh 等研究的气力式棉花种子排种器^[8]，可实现大面积均量播种；新西兰 AICHISON 工业公司生产的海绵排种器，通过海绵摩擦实现排种，排种效果较好。另外还有正压式气流排种器^[9]和斜槽轮排种器^[10]等。但已有的各种排种器存在如下问题：造价太高，不适合大面积推广；禾本科牧草草种在进行充种和排种时易出现堵塞，导致排种量稳定性和各行一致性无法保证。本研究旨在设计一种助推滚筒式机械排种器，利用机械推力推动排种，以期解决禾本科草种充种、排种困难的问题；优化排种器结构，使其简单实用，为天然草场改良提供装备与技术支持。

1 结构及工作原理

助推式间歇排种器主要由种箱、种盒、护种轮、种刷、推种板、连杆和曲柄构成(图1)。工作时，曲柄转动，通过连杆驱动推种板往复移动，将草种自左向右推出排种口，通过护种轮进入导种管。一次排种结束后，推种板向左移动，种箱内的种子在重力作用下，进入推种板左移后产生的空间，完成充种。为防止种子从排种口自由流出，护种轮弧形板转至排种口处，将排种口遮住；推种板向右移动，护种轮弧形板打开，将草种推出排种口，完成排种。排种器单次排种量的变化，可通过调节曲柄长度实现。



1. 种箱; 2. 种盒; 3. 护种轮; 4. 导种管; 5. 种刷 a;
6. 推种板; 7. 种刷 b; 8. 连杆; 9. 曲柄。

图1 助推式排种器结构示意图

Fig.1 Structure diagram of the seed-metering device

2 排种器设计

2.1 单次排种量的确定

在天然草场上采收的野生羊草草种，发芽率约为 25.30%，一般人工草场播种量为 40~60 kg/hm²；退化的羊草草场为 30~35 kg/hm²^[11]。为满足不同草场播种量的需求，将羊草草种播种量范围确定为最大值 30~60 kg/hm²，即 0.03~0.06 g/m²。羊草草种条播行间距为 20~30 cm^[12]。为保证排种均匀性，地轮旋转 1 周，带动推种板推动排出草种 15 次。则 $m_1 = 15m_2$, $m_2 = 2\pi RBm$ ，式中： m_1 为地轮旋转 1 周排种器排种量， m_2 为排种器单次排种量，g； R 为所用播种机地轮半径，0.30 m； B 为播种行间距，0.30 m； m 为羊草草种播种量，0.03~0.06 g/m²。计算可得： $m_1 = 1.6965 \sim 2.8274$ g； $m_2 = 0.1131 \sim 0.1885$ g。

根据 GB/T 2930.1~2930.11—2001《牧草种子检验规程》中的相关规定，对羊草草种的相关参数进行测定^[13-15]：千粒质量 $m_3 = 2.00$ g，变异系数为 2.5；羊草草种长度 $l = 9.65$ mm，变异系数为 3；羊草草种宽度 $w = 1.61$ mm，变异系数为 1.9；羊草草种厚度 $t = 1.00$ mm，变异系数为 1.9；羊草草种密度为 $\rho = 0.17$ g/cm³，变异系数为 1.5。根据以上数据，可得羊草草种单次排种体积 $V = m_2/\rho = 0.499 \sim 0.832$ cm³。

2.2 推种板设计

推种板向左移动时，其上方的草种在重力作用下进入推种板左移后产生的空间，完成充种。由于草种下落过程中，草种间隙增大，导致草种密度变小，从而造成单次排种体积的草种质量变小。因此在实际工作过程中，单次排种体积 V 应适当取大。本研究根据实际情况需要取 $V = 0.7 \sim 1.0$ cm³。推种板单次推出距离为

$$d = \frac{V}{\omega_1 t_1} \tag{1}$$

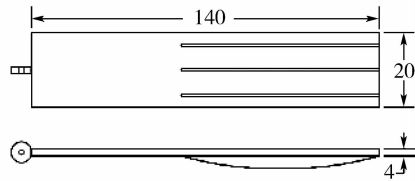
式中： t_1 为推种板厚度； ω_1 为推种板宽度。考虑羊草草种外形尺寸特征，所设计推种板尺寸需满足要求： $\omega_1 \geq 2l$, $t_1 \geq 2w$, $t_1 \geq 2t$ ，结合实际工作需要，确定 $\omega_1 = 20$ mm, $t_1 = 4$ mm。根据式(1)计算可得， $d = 8.75 \sim 12.5$ mm，推种板推出距离 d 在此范围内可调。根据种箱底部长度，确定推种板长度 $l_1 = 140$ mm。排种器推种板结构见图 2。推种板左端与连杆相接，通过往复运动，不断从排种口推出草

种,完成排种。推种板靠近排种口一端,端面设计有3块弧形薄板。往复运动,可有效扰动上方草种,从

而保证充种过程的顺利完成,避免推种板向前推种时,排种口上方草种架空,影响充种。



(a) 模型图



(b) 三视图

图2 排种器推种板结构

Fig. 2 Pushing plate structure of seed-metering

2.3 排种量调节装置的设计

排种量调节装置由曲柄,连杆和推种板组成。曲柄为带孔齿轮,其工作长度可以通过连杆与齿轮上不同位置的安装孔连接来进行调节。工作时,齿轮转动,带动连接在齿轮上的连杆运动,从而驱动推种板往复运动。齿轮上设计有6个安装孔,安装孔与齿轮的中心距为 R ,大小由推种板所需推出的距离 d 确定(图3)。

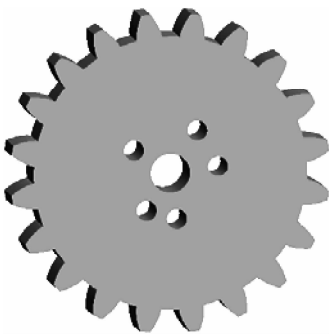
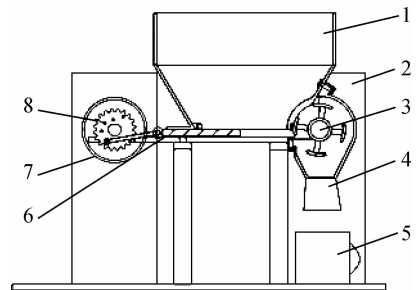


图3 排种量调节装置安装孔设计

Fig. 3 Structure of the mounting hole in adjusting device

为一组数据。将排种杯放回原位置,开始下一组试验。共测数据20组。



1. 种箱; 2. 机架; 3. 护种轮; 4. 导种管;
5. 种杯; 6. 排种机构; 7. 电机; 8. 曲柄。

图4 排种器试验装置

Fig. 4 Diagram of the test device of the seed-metering

3.2 试验结果及分析

排种器排种量稳定性试验数据见表1。根据GB/T 25421—2010规定,计算总排种量稳定性标准偏差和排种量稳定性变异系数。平均排种量

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

总排种量稳定性标准偏差

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

排种量稳定性变异系数

$$\xi = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\%$$

式中: \bar{X} 为排种器 n 次排种量的平均值,g; X_i 为排种器第 i 次排种量,g; n 为测定次数; s 为总排种量稳定性标准偏差,g。计算可得 $\bar{X} = 13.75$ g, $s = 0.76$ g, $\xi = 5.5\%$ 。根据GB/T 25421—2010中对于禾本科牧草排种量稳定性变异系数的要求,禾本

3 排种器性能试验

3.1 试验装置及试验内容

对排种器排种量稳定性进行试验测定,模拟真实工作情况,采集试验数据。试验装置由电机、排种器、接种杯组成(图4)。其他主要仪器包括压力电子天平,光电转速表。试验草种为羊草草种。所用电机为ZGB-37RG47.5i DC12V,设定转速100 r/min。用光电转速表记录电机转过的圈数,即为排种次数。排种100次后,电机停转,取出接种杯用电子天平称得排出羊草草种质量后,倒空排种杯,记录

科牧草排种量稳定性变异系数应 $\leq 6\%$ 。计算所得 $\xi=5.5\% \leq 6\%$,符合排种量稳定性要求,所设计排种器排种量稳定性较好。计算所得排种器单次平均

排种量 $m_3 = \bar{X}/100 = 0.1375 \text{ g}$,排种器设计要求单次排种量为 $m_2 = 0.1131 \sim 0.1885 \text{ g}$,符合单次排种量要求。

表1 排种器排种量稳定性试验数据

Table 1 Test data of the sowing quantity stability

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
排种量/(g/100次)	14.03	12.47	13.27	14.35	13.86	14.55	12.64	15.34	13.65	13.86
序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
排种量/(g/100次)	13.86	14.27	12.97	13.56	13.24	14.22	14.68	12.09	13.88	13.74

4 结束语

天然草场助推式间歇排种器,采用助推排种机构,解决了禾本科牧草草种流动性差,易缠绕等造成充种困难的问题,可实现顺利充种和排种。排种量的大小可通过选择不同的曲柄长度进行调节。

排种器试验台试验结果表明,该排种器排种量一致性变异系数在国标要求范围内,排种量稳定性较好。排种器工作方式为脉冲式排种,排种量均匀性尚未明确,需做更进一步的研究。

参 考 文 献

[1] 贾延明,尚长青.保护性耕作适应性试验及关键技术研究[J].农业工程学报,2002,18(1):78-32

[2] 吕子君,卢欣石,辛晓平.中国北方草原沙化现状与趋势[J].草地学报,2005,13(增1):24-26

[3] 蒋恩臣.畜牧业机械化[M].北京:中国农业出版社,2009:72-75

[4] 徐秀英,张维强.对我国牧草生产机械化现状及发展机遇的思考[J].中国农机化,2004(3):14-16

[5] 李秀杰.牧草机械发展的现状及意义[J].机械设备,2009(1):131

[6] 汤楚宙,罗海峰,吴明亮,等.变容量型孔轮式排种器设计与试验[J].农业工程学报,2012,26(12):114-119

[7] 李宝筏.农业机械学[M].北京:中国农业出版社,2003:51-52

[8] Singh R C, Singh G, Saraswat D C. Optimization of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds [J]. Biosystems Engineering, 2005, 92(4):429-438

[9] 李中华,王德成,刘贵林,等.正压式气流排种器排种效果试验[J].农业工程学报,2009,25(1):89-93

[10] 杨军,沈卫强,兰秀英,等.9SB-2.4型草原松土补播机的研制与试验[J].农业工程学报,2006,22(7):208-210

[11] 齐宝林,朴庆林.松嫩草原上的优良牧草为羊草[J].农业与技术,2008,28(4):73-75

[12] 俞旭疆.中国主要优良栽培草种图鉴[M].北京:中国农业出版社,2008:64

[13] 董向前,宋建农,王继承,等.天然草场改良用振动式间隔松土机作业机理[J].农业工程学报,2010,26(10):119-123

[14] 北京农业工程大学.农业机械学(上册)[M].北京:中国农业出版社,2001:192-204

[15] 常金丽,张晓辉.2BQ-10型气流一阶集排式排种系统设计与试验[J].农业工程学报,2011,27(1):136-141

责任编辑:刘迎春