

3 种杂草切割阻力试验

张林^{1,3}, 李明^{1,2*}, 裴毅¹, 刘仲华²

(1.湖南农业大学工学院, 湖南 长沙 410128; 2.国家植物功能成分利用工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128; 3.湖南省现代农业装备工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘要:对 PC-B 型带传动试验台进行改进:将主电机的传动轮改成切割装置,安装试验台架及夹持装置,更换更精确的压力传感器,研制出杂草切割试验台,以蒿草、狗尾草和牛筋草为材料,通过切割试验,确定杂草直径、含水率、电机转速、削切角对切割阻力的影响。结果表明,杂草切割阻力与电机转速平方成反比,与杂草直径平方成正比,与削切角平方成反比;不同杂草含水率对切割阻力影响不同,蒿草与狗尾草切割阻力与含水率平方成反比,狗尾草反之。单因素试验中,蒿草直径 3.5~4.5 mm,风干 10 h,含水率 33.54%时,最大切割阻力为 11.06 N。以蒿草为材料的正交试验结果表明,直径、含水率、削切角和电机转速依次影响切割阻力。Spss 软件分析表明,在风干含水率 48.53%、削切角 60°、直径最大组(3.5~4.5 mm)、电机转速为最低切断转速 1.2 倍时为最优组合。

关键词:杂草;切割阻力;含水率;直径;转速;削切角

中图分类号:S224.1⁺5

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2013)01-0099-04

Cutting weed with an improved test bench and measurement of cutting resistance

ZHANG Lin^{1,3}, LI Ming^{1,2*}, PEI Yi¹, LIU Zhong-hua²

(1. College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. National Research Center of Engineering Technology For Utilization of Functional Ingredients From Botanicals, Changsha 410128, China; 3. Hunan Provincial Engineering Technology Research Center for Modern Agricultural Equipment, Changsha 410128, China)

Abstract: PC-B type belt driving test bench was improved and modified into a test bench for cutting weed by modifying the driving wheel of the main motor into the cutting and the holding device and installing a pressure sensor which is more accurate than the original one. *Humilis*, *Setaria* and goose grass were cut to determine the influence of diameter and moisture content of weed, rotational speeds of motor and cutting angle on cutting resistance. The result suggests that cutting resistance was inversely proportional to the square of the rotational speed and the square of the cutting angle, and proportional to the square of the diameter of weed. Moisture content with different weeds showed different influence on cutting resistance. In contrast to goose grass, cutting resistances for *Humilis* and *Setaria* were inversely proportional to the moisture content. Single-factor test showed that a maximum strength of 11.06 N was achieved when the diameter of *Humilis* was 3.5–4.5 mm, and the moisture content of *Humilis* was 33.54% (achieved after 10 h drying). Orthogonal test on *Humilis* showed the cutting resistance was mostly influence by the diameter of weed, followed by the moisture content of weed, the cutting angle and the rotational speed of the motor. Data analysis using Spss showed that the best cutting condition was moisture content of weed being 48.53%, diameter of weed being 3.5–4.5 mm, cutting angle being 60° and the motor rotational speed being 1.2 times larger than the lowest speed.

Key words: weeds; cutting resistance; moisture content; diameter; cutting rate; cutting angle

杂草长期适应当地作物、耕作、气候、土壤等生态条件,传播方式多,繁殖与再生力强,生活周期短,种子随熟随落,抗逆性强,平均每年造成粮食减产达 7.5%~25%^[1-2]。中国主要杂草种类有 60

收稿日期:2012-02-14

基金项目:湖南省重点科技专项(BK0981)

作者简介:张林(1986—),男,湖南长沙人,硕士研究生,主要从事流体力学机械研究,249273609@qq.com; *通信作者, liming@hunau.net

多种,与作物争光、争肥、争水,严重影响作物的生长与发育,甚至使良田变成荒地^[3-4]。目前常用的除草方法有机械除草、化学除草及生物除草^[5],机械除草效率高、目标明确,但是噪声大、粉尘多,工作环境恶劣^[6-7];化学除草速度快、使用方便,易于推广,但污染问题难以解决;生物除草效果持久、成本低,但除草周期长,极易造成生物链的不平衡^[8-10]。

水力切割除草利用水射流的冲击力切断杂草茎秆^[11],是一种新型的机械除草方式。水力切割原主要用于对硬基性材料(如岩石^[12-13]、钢铁^[14])及精密材料^[15](如飞机外壳材料)等的切割,其技术及理论已较成熟,对材料的力学特性也有比较深入的研究。水力切割除草的对象则是木质部不发达的杂草,属软基性材料,对其力学特性研究尚在初步阶段。笔者对蒿草、狗尾草和牛筋草的切割阻力及影响因素进行研究,以期水力切割除草设备的设计提供依据,以减少设备磨损,提高切割效率。

1 杂草切割阻力试验台原理

杂草切割阻力试验台由PC-B型带传动试验台(湖南长庆机电科教有限公司产品)改进而来,用切割装置取代原有试验台的主电机传动轮,安装试验台架、加持装置,并更换精度更高的压力测量装置。改进后,试验台由电机、调速控制和显示器、夹持装置、切割装置及压力测量装置组成。电机为PC-B型带传动试验台主电机,功率335 W,额定转速1 500 r/min,通过调速开关可实现转速0~1 500 r/min,由PC-B型试验台数字显示器直接读数;试验台架上钻3对螺丝孔,夹持装置安装于不同螺丝孔中可得到不同削切角,安装于电机轴线垂直平面螺丝孔时为正切;切割装置刀柄自制,半径80 mm;压力测量装置由PPM225-LS1型压力传感器与PPM-TC1CT压力显示器组成,传感器量程5 kg,数显仪精度0.001 kg。

电机外壳固定在支座轴承上,可与绕转子重合的轴线摆动。当电动机启动后,刀柄(阻力力臂 $L_2=120$ mm)转动,由于定子与转子之间磁场的相互作用,刀片切割杂草茎秆时,电动机外壳向与转子旋转的相反方向旋转,其扭矩通过固定在定子外壳上的传力臂(扭力力臂 $L_1=80$ mm)传送到压力传感器上,由数字显示控制仪读出。由于在一般工程计

算中,可忽略空载转矩 T_0 ,即可认为电磁转矩 T 与转轴上的输出转矩 T_D 相等^[16],经计算,本装置中,杂草切割阻力 F 为数字显示控制仪读数的1.5倍。

2 材料与方法

选取3种常见杂草:蒿草、狗尾草和牛筋草作为试验对象。

夹持装置夹住杂草根部,与实际切割中根部固定、上端自由的情况相同,切割位置于杂草夹持部位以上5 cm。杂草直径用游标卡尺测量;削切角通过安装夹持装置于不同螺丝孔上实现;根据GB11718.3中密度纤维板含水率测定标准测定自然含水率(从田间采回时的含水率)、风干2、4、6、8和10 h(将杂草置于干燥通风的室温条件下);电机转速由调速开关调节,由PC-B型试验台数字显示器直接读数,分为最低切断转速(本试验中分别切断自然含水率条件下较大直径杂草的最低转速,通过试验确定)及其1.1倍、1.2倍、1.3倍、1.4倍、1.5倍转速。

2011年12月3日,考察杂草直径、削切角、电机转速及含水率等对切割阻力的影响。单因素试验在分别确定不同杂草最大直径、最低切断转速的基础上进行。

最低切断转速试验:分别选取3种杂草最大直径,接通电源,由小到大调速;断电,固定杂草;通电工作,若杂草被切断,记录数字显示器读数作为杂草切断最低转速。

以单因素试验中切割阻力较大的杂草为材料,考察杂草直径、含水率、削切角、转速对切割阻力的影响程度。在切割率为100%的前提下,以切割阻力为指标,采用4因素3水平正交试验。

3 结果与分析

3.1 杂草直径对切割阻力的影响

经测量,蒿草直径1.5~4.0 mm,狗尾草直径1.2~2.2 mm,牛筋草直径1.5~3.5 mm。切割阻力与杂草直径关系如图1所示。通过数据分析及Excel数据拟合,杂草切割阻力与杂草直径平方成正比。随着植物的生长,直径增大,内部组织结构也趋于成熟,纤维等组织强度增加,植物外表面硬度增加;随着植物直径的增大,切割面积会增大,切割阻力也会增大。

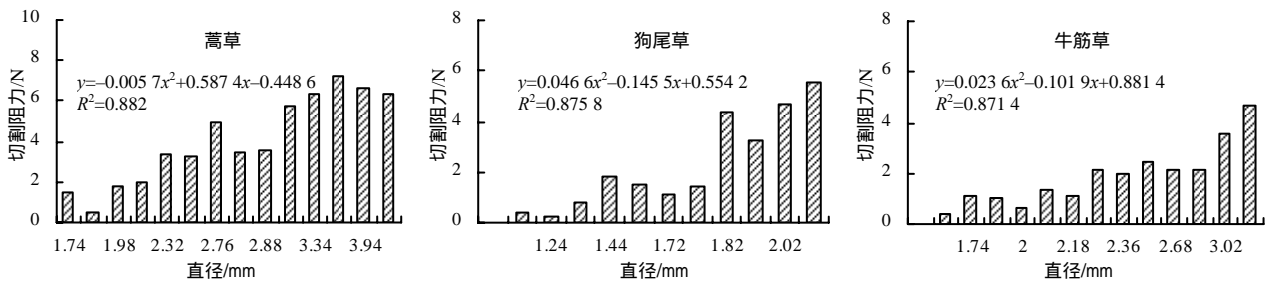


图 1 不同直径杂草的切割阻力

Fig.1 Cutting resistance for the grasses with different diameters

在自然条件下，杂草直径大小不同；同种杂草在不同环境下生长，直径也有差异，因而在设备设计中应考虑最大切割阻力。切割阻力在蒿草直径 3.88 mm 时最大，为 7.28 N。

3.2 杂草含水率对切割阻力的影响

杂草含水率与切割阻力的关系如图 2 所示，蒿草和狗尾草含水率降低后，切割阻力会显著增大，切割阻力与含水率平方成反比；但牛筋草含水率增大时，切割阻力会增大，切割阻力与含水率平方成正比。

蒿草和狗尾草的切割阻力与含水率呈负相关且影响显著，牛筋草切割阻力与含水率呈正相关，二者关系相反。本试验选取杂草直立段以上 10 cm 以内为切割位置，蒿草无匍匐段，狗尾草匍匐段较短，故切割位置靠近根部，木质部较发达，纤维较结实；牛筋草匍匐段较长，切割位置靠近顶部，茎秆较嫩，且为空心段，因而其切割阻力较小，和蒿草、牛筋草与含水率关系不同。杂草切割阻力在蒿草较大直径(3.5 ~ 4.5 mm) ,风干 10 h 含水率(33.54%) 时最大，为 11.06 N。

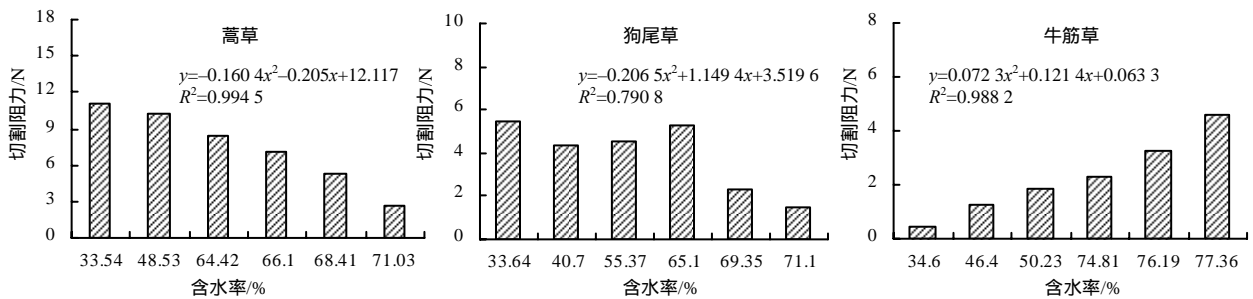


图 2 不同含水率杂草的切割阻力

Fig.2 Cutting resistance for grass with different moisture contents

3.3 电机转速对切割阻力的影响

电机转速对切割阻力的影响如图 3 所示，切割

阻力与电机转速平方成正比，转速较低时，随着转速提高，切割阻力明显下降；高转速时，随着转速

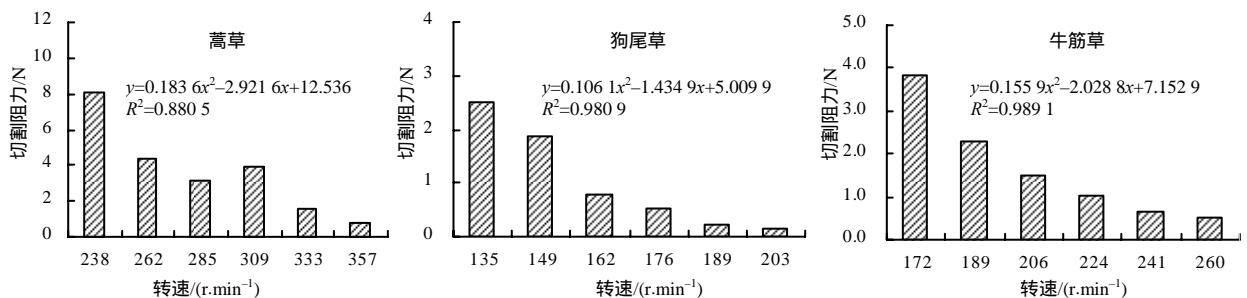


图 3 不同电机转速的切割阻力

Fig.3 Cutting resistance under different rotational speeds of motor

提高,切割阻力缓慢下降。因而在实际操作过程中,适当提高转速,可达到良好的切割效果。杂草切割阻力在蒿草较大直径(3.5~4.5 mm),最低切断转速条件下最大,为 8.13 N。

3.4 削切角对切割阻力的影响

由于狗尾草和牛筋草在削切角试验中切割阻力很小,数据相对误差较大,结论真实性不高,所以仅对蒿草进行分析。当削切角为 45°、60°、75°时,切割阻力分别为 1.61、1.29 和 0.08 N,表明在 45°~75°时,削切角越小,切割阻力越大,切割阻力与削切角平方成反比。

3.5 正交试验结果

以蒿草为试验对象,采取 4 因素 3 水平正交试验,结果见表 1。

表 1 蒿草切割阻力正交试验结果

试验号	A(含水率)	B(切削角)	C(直径)	D(转速)	切割阻力/N
1	1(48.53)	1(75)	1(1.7~2.5)	1(238)	0.060
2	1(48.53)	2(60)	2(2.5~3.5)	2(285)	2.145
3	1(48.53)	3(45)	3(3.5~4.5)	3(357)	3.150
4	2(55.37)	1(75)	2(2.5~3.5)	3(357)	0.690
5	2(55.37)	2(60)	3(3.5~4.5)	1(238)	2.310
6	2(55.37)	3(45)	1(1.7~2.5)	2(285)	0.570
7	3(74.80)	1(75)	3(3.5~4.5)	2(285)	1.395
8	3(74.80)	2(60)	1(1.7~2.5)	3(357)	0.225
9	3(74.80)	3(45)	2(2.5~3.5)	1(238)	0.240
K_1	5.355	2.145	0.855	2.61	
K_2	3.57	4.68	3.075	4.11	
K_3	1.86	3.96	6.855	4.065	
k_1	1.785	0.175	0.285	0.87	
k_2	1.19	1.56	1.025	1.37	
k_3	0.62	1.32	2.285	1.355	
R	1.165	0.845	2	0.5	
最优方案		$A_1B_2C_3D_2$			

根据表 1,用 Spss 软件进行回归分析,得到其回归方程为 $Z = -0.047X + 1.049Y$ (置信系数 $\alpha = 0.05$)。其中 X 为含水率, Y 为杂草直径。9 次试验中,最小切割阻力为第 1 组, 0.06 N, 最大切割阻力为第 3 组, 3.15 N。对杂草切割阻力影响显著性依次为杂草直径、杂草含水率、刀片削切角、电机转速。

选出最优方案为 $A_1B_2C_3D_2$ 。在实际切割中,杂草直径和杂草含水率为不变因素,且电机转速的提高对电机及其配套设施要求高,实际运用难度大,故应尽量增大刀片削切角,适当提高电机转速。

参考文献:

- [1] 孟祥宇. 农业杂草的可持续治理探讨[J]. 河南农业, 2006(9): 27.
- [2] 金环宇, 田平. 农田杂草的危害及防除措施[J]. 种业导刊, 2008(6): 30-31.
- [3] 强胜. 杂草学[M]. 北京: 农业出版社, 2001: 144-155, 234-236.
- [4] 潘雷, 陈树人, 栗移新, 等. CO₂激光除草应用初步研究[J]. 农机化研究, 2008(6): 171-173.
- [5] 李江国, 刘占良, 张晋国, 等. 国内外田间机械除草技术研究现状[J]. 农机化研究, 2006(10): 14-16.
- [6] 唐秀丽, 谭万忠, 付卫东, 等. 外来入侵杂草黄顶菊的发生特征与综合控制技术[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(6): 694-699.
- [7] 张旭臣. 浅谈生物源除草剂的研究概况[J]. 安徽农学通报, 2009(15): 150.
- [8] 杨正祎. 浅谈化学除草技术在农业生产中的应用[J]. 云南农业, 2010(7): 39-40.
- [9] 杨恒友, 张剑, 刘杰. 微生物除草剂研究现状与展望[J]. 北方园艺, 2010(14): 208-210.
- [10] 许新桥, 陈国海. 林业化学除草应用现状及发展前景[J]. 林业科技通讯, 2000(2): 44-45.
- [11] 张林, 李明, 裴毅. 水力切割应用研究及发展[J]. 湖南农机, 2011(1): 95-98.
- [12] 李岳峰, 宋敬伟. 超高压水射流在石材切割中的应用[J]. 石材, 1999(3): 13-15.
- [13] 廖勇, 卢玉义, 向文英, 等. 数控水刀石材切割中的应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005(10): 1800-1803.
- [14] 张海龙, 王俭, 王军, 等. 水刀切割钛及钛合金中厚板工艺初探[J]. 稀有金属快报, 2007(4): 39-42.
- [15] 刘忠伟, 邓英剑. 水喷射加工技术及其在机械领域的应用[J]. 制造技术与机床, 2004(2): 37-40.
- [16] 顾绳谷. 电机及拖动基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维