

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.12.011

油菜联合收获机筛面粘附物摩擦特性*

李耀明 马 征 徐立章

(江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室, 镇江 212013)

【摘要】 针对油菜联合收获机振动筛上的筛面粘附物堵塞筛孔、造成清选损失成倍增加等问题,分析了油菜筛面粘附物的主要成分及结构,得出了油菜筛面粘附物的尺度分布:77%集中在0.3~2.5 mm范围内,且不同尺度范围内筛面粘附物的主体成分明显不同。对油菜角果壳、主茎秆、枝茎秆和筛面粘附物与筛面基体间的摩擦特性进行了测定。结果表明:油菜茎秆、角果摩擦因数普遍随含水率的提高而增大,筛面粘附物与金属间的摩擦因数达到0.71。

关键词: 油菜 联合收获机 振动筛 摩擦 粘附

中图分类号: S225.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)12-0054-04

Tribological Characteristics of Adhesive Materials on Cleaning Sieve of Rape Combine Harvester

Li Yaoming Ma Zheng Xu Lizhang

(Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

The main ingredients and structure of rape adhesive materials on cleaning sieve were analyzed for sieve hole blocking and multiply increased cleaning loss caused by the adhesive materials. Size distribution of rape adhesive materials on cleaning sieve was obtained. 77% of the adhesive materials' size were from 0.3 mm to 2.5 mm, and the main ingredients were distinctly different with different size range. Friction coefficient tests of rape nutshell, rape stalk & the adhesive materials were carried out. It was pointed out that their friction coefficients were commonly increased with the raise of their moisture, and the friction coefficients between the adhesive materials and metal reached to 0.71.

Key words Rape, Combine harvester, Cleaning sieve, Friction, Adhesion

引言

我国目前的油菜联合收获机大都是由稻麦联合收获机通过增加竖切割器、采用小孔清选筛等手段改装而成,对油菜收获时角果成熟度差异显著、成熟角果易炸荚、茎秆和角果的含水率较高、分枝交错等生物性状缺乏深入细致的研究,使油菜联合收获机的关键性能指标不能达标^[1-2],严重影响了油菜联合收获机的推广使用。

油菜联合收获机田间试验发现:在连续收获作业中,油菜脱出物容易粘附在筛面上,堵塞筛孔。这将导致清选损失率成倍增加,已成为阻碍我国油菜机械化收获水平提高而亟待解决的一个问题。

初步分析表明,油菜脱粒时高速旋转的脱粒元件将质地较脆的主茎秆、分枝打碎,脱出物中茎秆碎屑、角果中的隔膜等杂余较多,容易与茎秆中的自由水、破碎青油菜籽中的油脂等相互粘连,附于清选筛面上,堵塞筛孔。为探索油菜与筛面的粘附过程,本

收稿日期: 2009-12-22 修回日期: 2010-01-20

*国家自然科学基金资助项目(50805068)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2009BADB5B05、2010BAD01B06)和江苏大学校基金资助项目(10JDC088)

作者简介: 李耀明,教授,博士生导师,主要从事现代农业机械设计及理论研究, E-mail: ymli@ujs.edu.cn

文分析油菜筛面粘附物的基本特性及其与筛面的摩擦特性, 以期为后续的研究奠定基础。

1 油菜筛面粘附物的特性

田间收获时, 不是所有油菜脱出混合物都会粘附于筛面使筛孔堵塞, 本文将粘附于筛面的油菜脱出混合物称为油菜筛面粘附物。

1.1 油菜筛面粘附物的主要成分与结构分析

用 SMZ1000 变焦体视显微镜获得从筛面上取下的新鲜饼块状筛面粘附物图像如图 1、2 所示。



图 1 油菜筛面粘附物层状结构

Fig. 1 Layered structure of rape adhesive materials on cleaning sieve



图 2 油菜筛面粘附物表面结构

Fig. 2 Surface structure of rape adhesive materials on cleaning sieve

从图 1、2 中可以看出, 油菜筛面粘附物有一定厚度的层状结构。油菜筛面粘附物由角果皮、角果内膜、隔膜、碎茎秆、茎秆内海绵体、茎秆表皮、少量破碎的青油菜籽等组成, 其中角果皮、角果内膜、隔膜及茎秆表皮等呈片状, 大部分破碎的茎秆呈条状, 而茎秆内海绵体及少部分破碎的茎秆等呈块状。油菜筛面粘附物中的条状破碎茎秆主要来自油菜的枝茎秆。

片状的角果皮、角果内膜等表面比较潮湿且与其他成分接触面积大, 是粘附的主体; 而条状的碎茎秆等则纵横交错于多层、片状的粘附物之间, 对片状粘附物起到连接、强化和支撑的作用, 是筛面粘附物的骨架; 块状的海绵体、碎茎秆则填充在片状和条状

粘附物之间, 对饼块状筛面粘附物的成型起到充实、强化的作用, 从而形成类似鸟巢巢体的多元交错连接、多层复合粘贴的复杂结构。

1.2 筛面粘附物尺寸分布

考虑到本领域尚无筛分尺度标准, 笔者参照土壤筛分原理, 选用 0.1 ~ 6 mm 之间的 10 个新标准土壤筛在 8411 型振筛机上对已干燥的筛面粘附物进行筛分试验^[3-4], 筛分时间 10 min, 然后将所筛各尺寸范围内粘附物的质量除以样本总质量, 得到各尺寸范围油菜筛面粘附物的比例。试验重复多次, 取平均值。试验测得的油菜筛面粘附物分布如图 3 所示, 不同尺度范围内的筛面粘附物如图 4 所示。

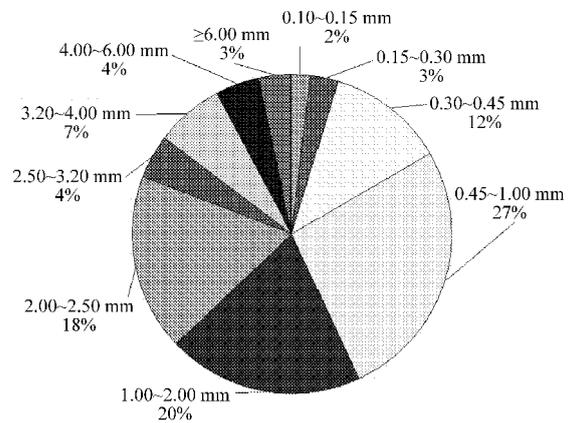


图 3 不同尺度范围的筛面粘附物分布

Fig. 3 Distribution of adhesive materials at different scales range

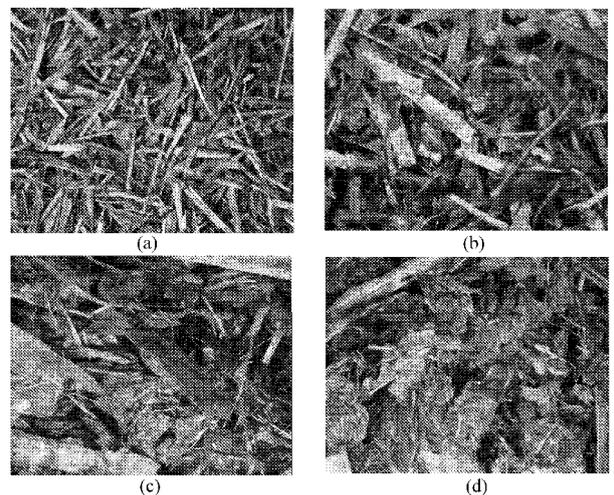


图 4 4 个尺度范围下的筛面粘附物

Fig. 4 Adhesive materials at four different scales range

(a) 0.30 ~ 0.45 mm (b) 0.45 ~ 1.00 mm
(c) 1.00 ~ 2.00 mm (d) 2.00 ~ 2.50 mm

从图 3 可以看出, 筛面粘附物中各成分的尺寸主要集中在 0.30 ~ 2.50 mm 之间, 占 77%; 大于 2.50 mm 的占 18%; 小于 0.30 mm 的仅占 5%, 尺寸大于 10 mm 的几乎没有。因此, 最终沉积粘附于筛

面的均是微小尺寸的脱出物。所以,在保证脱粒充分的前提下,若能减小脱粒元件对作物的打击力和减少打击次数以减小脱出物的破碎程度,从而减少脱出物中微小尺寸脱出物的含量,则可延迟筛面堵塞的发生,缓解堵塞的程度。

从图4可看出,0.30~0.45 mm范围内主要是非常细小的碎屑状茎秆,0.45~1.00 mm范围内主要是尺寸稍大些的短小碎茎秆并夹杂少量片状粘附物,在1.00~2.00 mm范围内以片状粘附物为主并夹杂很少量的短小碎茎秆,而2.00~2.50 mm范围内则全部是片状的粘附物。图5为2.00~2.50 mm范围内一个典型的片状粘附物的显微照片。显然,不同尺度范围内的筛面粘附物成分是不一样的。因此,研究筛面堵塞时应考虑不同尺度下粘附物组成的差异。

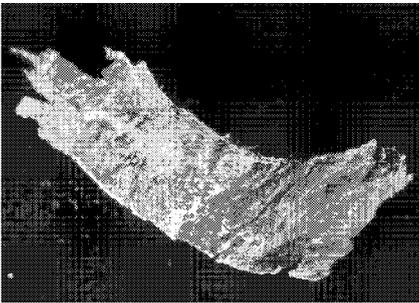


图5 在2 mm尺度上的典型片状粘附物
Fig.5 Typical flaky adhesive materials in 2 mm

2 摩擦特性

如上所述,油菜筛面粘附物各成分的尺寸均非常小,取其中各成分直接进行摩擦试验比较困难,拟用完整的角果皮、茎秆内外表面以及筛面粘附物整体进行摩擦试验。

2.1 试验材料、设备与方案

试验所用筛面粘附物、茎秆、角果等均从田间收获现场采集并带回实验室迅速装袋后置于冰柜中冷藏保鲜。试验在MXD-01型摩擦因数仪上进行。下摩擦件为250 mm×150 mm的光板(清选筛面用拉延IF钢),上摩擦件为油菜测试对象。滑块质量350 g,尺寸130 mm×64 mm。动摩擦阶段滑块作低匀速直线运动(1.6 mm/s)。试验中实验室的温度稳定在27℃。

试验时,先将摩擦对象从冰柜中取出并放置5~10 min。角果壳可直接粘贴到滑块底部,主、枝茎秆需切成若干小片(长30~40 mm,宽3~6 mm)才能粘贴到滑块底部。试样分别按与试验时前进方向呈0°、45°、90°方向粘贴(图6)。对于油菜筛面粘附物,在试验前仔细地填装到加工好的滑块底部矩形

槽内(图7),以模拟实际筛面堵塞时的饼块状态。矩形槽长81 mm、宽57 mm、深4 mm,填充好的油菜筛面粘附物表面略高于滑块底面。

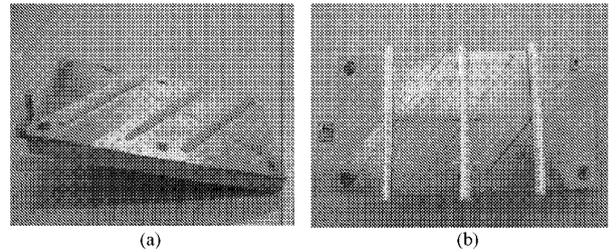


图6 沿45°和90°方向粘贴的角果壳和茎秆
Fig.6 Rape nutshell pasted in 45° & stalk pasted in 90°
(a) 45° (b) 90°

试验针对角果壳、主茎秆、枝茎秆和油菜筛面粘附物分别进行,前三部分根据不同含水率分为青、半青、黄3个大组,每组再按照前述3个方向分成3个小组,每小组再由试验对象的内、外侧分成最小的单元,每单元重复3次。

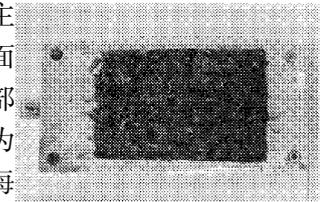


图7 矩形槽内的筛面粘附物
Fig.7 Adhesive materials filled in rectangular slot

2.2 试验结果与分析

试验测得油菜筛面粘附物主要成分的摩擦因数如表1所示。

由表1可知,在低速摩擦条件下,中、低含水率的角果壳摩擦因数分别在0.53~0.62和0.35~0.53之间;高、中、低含水率的主茎秆摩擦因数分别在0.59~0.85、0.50~0.71和0.20~0.29之间;高、中、低含水率的枝茎秆摩擦因数分别在0.48~0.62、0.19~0.31、0.19~0.32之间。

显然,各摩擦对象的摩擦因数均随着含水率的提高而明显增大。这是因为农业物料是生物材料,其摩擦已不是经典意义上的干性滑动摩擦。现代摩擦理论认为,摩擦力由两部分构成,一部分是剪切接触面凹凸不平所需剪切力,与接触面粗糙程度相关,另一部分是克服接触面间的粘附和粘聚所需粘附力和粘聚力^[5],与接触面湿粘程度相关。农业物料含水率提高会增大接触面间的粘附力和粘聚力,从而使摩擦因数增大。油菜含水率与成熟度密切相关。成熟度越高,含水率就越低,脱出物与筛面的粘附摩擦就越弱。因此,实际收获时应在保证割台落粒损失达标的前提下,尽可能在油菜成熟度较高的情况下进行收获,以减轻脱出物在筛面的沉积与粘附,减少筛面堵塞的发生,降低清选损失。

由表1还可知,在低速摩擦条件下,各部分的

表 1 油菜筛面粘附物主要成分的摩擦因数

Tab. 1 Friction coefficient main ingredients of rape adhesive materials on cleaning sieve

成熟度	摩擦方向 /(°)	角果壳		主茎秆			枝茎秆		筛面粘附物		
		含水率 /%	摩擦因数		含水率 /%	摩擦因数		含水率 /%	摩擦因数		
			外侧	内侧		外侧	内侧		外侧	内侧	含水率 /%
青	0				0.85	0.73		0.48	0.52		
	45			71	0.64	0.65	38	0.62	0.59		
	90				0.59	0.64		0.60	0.59		
半青	0		0.59	0.54		0.71	0.58		0.23	0.31	
	45	63	0.62	0.59	56	0.60	0.50	23	0.23	0.23	82
	90		0.61	0.53		0.54	0.53		0.19	0.24	
黄	0		0.37	0.42		0.24	0.29		0.27	0.32	
	45	21	0.53	0.35	35	0.22	0.27	15	0.20	0.25	
	90		0.35	0.40		0.20	0.28		0.19	0.26	

内、外侧表面摩擦因数整体上差别不大。各摩擦对象对摩擦方向也普遍不太敏感,仅主茎秆外表面摩擦特性表现出较明显的方向性,且由大到小依次为:0°、45°、90°。总体看主茎秆的摩擦因数大于支茎秆的摩擦因数;含水率中等时,角果壳和主茎秆的摩擦因数接近且都大于枝茎秆的摩擦因数;含水率最低时,主茎秆和枝茎秆的摩擦因数接近且都略小于角果壳的摩擦因数。显然,主茎秆的摩擦因数较大。

油菜筛面粘附物的含水率很高(82%),其与金属之间在低速条件下的滑动摩擦因数达到0.71,这表明整体上筛面粘附物与金属筛面间的粘附摩擦力很大,因此油菜筛面粘附物的脱附非常困难,这是解决油菜筛面堵塞问题的难点所在。油菜收获中的筛面堵塞属湿粘的农业物料与运动金属部件之间的粘附摩擦问题,因此仅靠改变其他环节来对其进行缓解是远远不够的,只有研究油菜筛面粘附物与筛面之间的减粘降阻机理及脱附防堵技术才能根本地解决筛孔堵塞问题。而仿生非光滑表面的减粘降阻功效和生物体表的疏水自洁功能将为此提供解决思

路^[6-8],仿生清选筛面将是解决筛面粘附问题的有效尝试。

3 结论

(1) 油菜筛面粘附物主要成分包括片状角果壳及其内膜、条状碎茎秆和块状海绵体等,具有层状、复杂结构。

(2) 油菜筛面粘附物的尺寸均非常小,77%集中在0.3~2.5 mm之间,且各尺度范围内的粘附物主成分明显不同,应在保证脱粒充分的前提下设法减小脱粒元件对作物的打击力和减少打击次数以减小脱出物的破碎程度,缓解筛面堵塞的发生。

(3) 油菜茎秆角果与金属间的摩擦因数随含水率的提高而明显增大,且高、低含水率的茎秆角果摩擦因数分别为0.6和0.3左右,总体上主茎秆的摩擦因数最大。

(4) 油菜收获中的筛面堵塞属湿粘物料与金属之间的粘附摩擦问题,仿生非光滑表面的减粘降阻功效和生物体表的疏水自洁功能将为此提供解决方法。

参 考 文 献

- 李耀明. 我国油菜联合收割机的现状与展望[J]. 农机质量与监督, 2005(1): 40~42.
- 吴崇友, 金诚谦, 肖体琼, 等. 我国油菜全程机械化现状与技术影响因素分析[J]. 农机化研究, 2007(12): 207~210.
Wu Chongyou, Jin Chengqian, Xiao Tiqiong, et al. Analysis on rape mechanization present situation and technical affection factors in whole productive course in China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(12): 207~210. (in Chinese)
- 孔令德, 桑正中. 正旋转耕土壤破碎情况的研究[J]. 农业机械学报, 2001, 32(3): 31~32, 54.
Kong Lingde, Sang Zhengzhong. Evaluation of crushing soil from rotary tillage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(3): 31~32, 54. (in Chinese)
- 李云飞, 张盛文, 袁月明, 等. 垄作种床松散土壤力学特性的研究[J]. 农业机械学报, 1995, 26(4): 68~72.
Li Yunfei, Zhang Shengwen, Yuan Yueming, et al. Study on mechanics characteristics of porous soil around ridge culture seed bed[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1995, 26(4): 68~72. (in Chinese)
- 周祖饬. 农业物料学[M]. 北京: 农业出版社, 1994: 101~110.

经第2次耕整后,秸秆埋覆率达到95%以上。

表5中看出,第2次作业功耗影响最大的因素是刀辊转速A,第1次作业B也有较大的影响。

3 结论

(1) 基于相位差原理建立了功耗测试系统。标定试验表明,该系统对功耗的测试精度在5%以内,满足农业机械田间测试要求。

(2) 田间试验结果表明,第1次作业功耗,耕深B、刀辊转速A单因素方差分析均显著,因此在作业时应选择合理的耕深和刀辊转速。

(3) 该船式旋耕埋草机较优工作模式为:实行2次耕整,刀辊转速310 r/min。其中,第1次作业耕深55 mm,其平均作业功耗为7.13 kW;第2次作业耕深达到110 mm,其平均作业功耗为7.59 kW,两次耕整后秸秆埋覆率达到95%以上。

参 考 文 献

- 夏俊芳,张国忠,许绮川. 多熟制稻作区水田旋耕埋草机的结构与性能[J]. 华中农业大学学报,2008,27(2):331~334.
Xia Junfang, Zhang Guozhong, Xu Qichuan, et al. Research on the mechanized technology of rotary tillage and stubble-mulch for paddy field under multiple rice cropping system[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2008,27(2):331~334. (in Chinese)
- 欧大生,张剑平,秦建文. 磁电相位差式转矩测量技术研究[J]. 电子测量技术,2007,30(4):100~103.
Ou Dasheng, Zhang Jianping, Qin Jianwen. Research on the magnet-electric phase-difference torque measurement[J]. Electronic Measurement Technology, 2007, 30(4):100~103. (in Chinese)
- 陈德海,仲卫东. JCZ型转矩转速传感器输出信号的相位差检测技术[J]. 仪表技术与传感器,2008(9):89~90.
Chen Dehai, Zhong Weidong. Phase-different detection method of signal of JCZ torque speed sensor[J]. Instrument Technique and Sensor, 2008(9):89~90. (in Chinese)
- 刘灿涛,赵伟,袁俊. 基于数字相关原理的相位差测量新方法[J]. 计量学报,2002,23(3):219~223.
Liu Cantao, Zhao Wei, Yuan Jun. A new method for phase difference measurement based on digital correlation theory[J]. Acta Metrologica Sinica, 2002, 23(3):219~223. (in Chinese)
- 路艳洁,席志红,王姜铂. FFT法与数字相关法在相位测量上的比较[J]. 信息技术,2007(12):105~108.
Lu Yanjie, Xi Zhihong, Wang Jiangbo. Analysis and comparison between FFT and digital correlation theory in phase difference measurement[J]. Information Technology, 2007(12):105~108. (in Chinese)
- 韩洋,侯文. 高精度低频正弦信号相位差测量[J]. 研究与开发,2008,27(2):41~43.
Han Yang, Hou Wen. Phase difference measurement of low frequency sine signals based on ARM7 microprocessor[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2008, 27(2):41~43. (in Chinese)
- 雷雨,陶永红. 数字化相位差测量算法的研究[J]. 四川工业学院学报,2004,23(S1):110~112.
Lei Yu, Tao Yonghong. Digital algorithm analysis of measuring phase difference[J]. Journal of Sichuan University of Science and Technology, 2004, 23(S1):110~112. (in Chinese)
- 熊诗波,黄长艺. 机械工程测试技术基础[M]. 北京:机械工业出版社,2006:161~167.
- 张国忠,许绮川,夏俊芳,等. 1GMC-70型船式旋耕埋草机的设计[J]. 农业机械学报,2008,39(10):214~217.
Zhang Guozhong, Xu Qichuan, Xia Junfang, et al. 1GMC-70 boat-type rotary buried grass machine translation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(10):214~217. (in Chinese)
- 袁志发,周静芋. 试验设计与分析[M]. 北京:高等教育出版社,2000:209~247.

(上接第57页)

- 田丽梅,任露泉,韩志武,等. 仿生非光滑表面脱附与减阻技术在工程上的应用[J]. 农业机械学报,2005,36(3):138~142.
Tian Limei, Ren Luquan, Han Zhiwu, et al. Applications of anti-adhesion and anti-resistance of biomimetic non-smooth surface in engineering[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(3):138~142. (in Chinese)
- 杨晓东,任露泉. 形体减阻类型、减阻机理与仿生[J]. 农业机械学报,2003,34(1):130~133.
Yang Xiaodong, Ren Luquan. Types and mechanisms of shape drag reduction[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003,34(1):130~133. (in Chinese)
- 任露泉,佟金,李建桥,等. 生物脱附与机械仿生——多学科交叉新技术领域[J]. 中国机械工程,1999,10(9):984~986.
Ren Luquan, Tong Jin, Li Jianqiao, et al. Anti-adhesion of creatures and biomimetics of machinery—a new technological field[J]. China Mechanical Engineering, 1999,10(9):984~986. (in Chinese)