

烟草茎叶连接强度试验研究

张秀丽¹,周雪花¹,李建华²,王 栋¹,张全国^{1*}

(1. 河南农业大学 机电工程学院,河南 郑州 450002; 2. 河南省烟草公司 许昌市公司,河南 许昌 461000)

摘要: 为了降低烟叶机械采收破损率,推进烟草田间生产机械化采收进程,以中烟 100 为试验材料,在万能试验机上利用自制的烟叶装夹装置对烟草的茎叶连接强度进行了研究,分析了烟叶成熟度、加载速度对茎叶连接强度的影响。结果表明:未熟期烟叶茎叶连接处界面结合强度较大,属于强界面连接;成熟期烟叶茎叶连接处界面结合强度较未熟期下降约 29%,属于弱界面连接,此时机械采收易于降低烟叶破损程度;对成熟烟叶的加载速度越大,所需要的茎叶分离力越小,但速度与力不呈线性关系。

关键词: 农业机械;烟草;连接强度;加载速度

中图分类号: S372 S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)09-0173-04

Study on Connection Strength of Tobacco Stems and Leaves

ZHANG Xiu-li¹,ZHOU Xue-hua¹,LI Jian-hua²,WANG Dong¹,ZHANG Quan-guo^{1*}

(1. College of Mechanical & Electrical Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Xuchang City Company of Henan Tobacco Company, Xuchang 461000, China)

Abstract: In order to reduce damage efficiency of tobacco mechanical harvesting, to promote the mechanization harvesting process, the connection strength of tobacco stems and leaves for Zhongyan 100 was studied by using the universal testing machine and fixture. The effects of loading rate and maturity of tobacco leaf on connection strength of stems and leaves were analyzed. The results show that connection strength of stems and leaves is big during the immature period, and the interface is strong. The interface connection strength of stems and leaves during the matured period is less than that of the immature period. The value of connection strength during the matured period reduces by 29%, and the interface is weak, so it is apt to be harvested by machine and has the lower breakage. When the loading speed to matured tobacco is bigger, the separation force of stems and leaves needed is smaller. The speed and force do not show linear relationship.

Key words: agricultural machinery; tobacco; connection strength; loading speed

烤烟烟叶采收是以茎叶分离为基础的。在机械采收时,烟草的茎叶分离过程受力情况十分复杂,机械力易使烟叶产生不同形式的损伤,因此烟叶机械化采收是烟草田间生产全程机械化的瓶颈^[1]。为减少烟叶机械损伤的程度,提高烟叶烘

烤质量,测试并掌握不同成熟度烟叶的茎叶连接强度,探明烟叶最佳机收期以及机械采收的作用速度规律十分必要。国内外学者对小麦、玉米、甘蔗、牧草等农作物秸秆的力学性能和微观结构进行了大量研究^[2-11],并取得了很多成果。耿爱

收稿日期:2014-04-17

基金项目:河南省科技攻关项目(102102210535);河南省博士后科研一等资助项目(2012046)

作者简介:张秀丽(1973-),女,河南嵩县人,副教授,博士,主要从事现代农业装备技术研究。E-mail:zhangxiuli619@126.com

* 通讯作者:张全国(1958-),男,河南郑州人,教授,博士生导师,主要从事可再生能源转换技术研究。

E-mail:zquanguo@163.com

军^[12]、马敏等^[13]测试烟草打顶期的茎秆力学性能,为打顶切割器参数的设计提供了数据参考。但关于烟草茎叶连接强度的研究还未见报道。鉴于此,以中烟 100 为研究材料,结合烟叶的生物特性^[14-15]和自下而上分层采收的原则^[16-18],对不同成熟度下部烟叶与茎秆的连接强度进行研究,分析茎叶断裂机制,并进一步探讨了施力速度对成熟期烟叶茎叶分离的影响,为降低烟草机械化采收的损伤率提供理论支持。

1 材料和方法

1.1 供试材料和仪器

试验烟草品种为中烟 100,种植于河南农业大学许昌校区烟草试验田。试验田质地为壤土,土壤肥力中等。

试验所用仪器为深圳瑞格尔仪器有限公司制造的 RGT-10 微机控制电子万能材料试验机、自制烟叶装夹装置、自制压头、弹簧秤、游标卡尺等。

1.2 试验方法

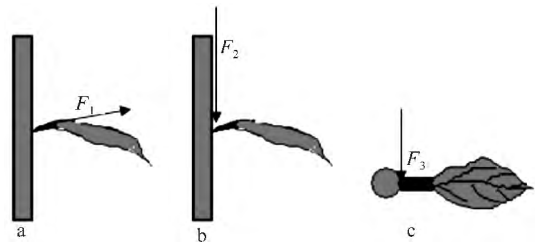
1.2.1 不同成熟度烟叶的茎叶连接强度对比试验

采取单因素法,每组试验选取 5 株烟草,以成熟期烟叶和未熟烟叶作为比较对象,以 3 个作用力方向为主要因素、茎叶分离时的力为试验测定指标,研究茎叶结合面的强度。

根据下部烟适时早采的原则,以移栽后叶龄作为成熟度标准,参考烟叶的生长情况,分别于 2013 年 7 月 15 日(移栽后 45 d,未熟,叶面深绿色,主脉全青,茸毛未脱落,茎叶夹角为锐角)和 7 月 30 日(移栽后 60 d,适熟,烟叶颜色呈黄绿色,叶尖茸毛部分脱落,主脉部分发白,茎叶夹角接近 90°)在田间选取生长良好、无病虫害的下部第 5 片烟叶,以茎叶连接处为研究对象。固定加载速度为 30 mm/min,通过自制的烟叶装夹装置测定烟叶茎叶分离时所需要的茎叶连接力,并测量对应的断口面积 A ,计算茎叶连接强度值,进行不同成熟度烟叶的 3 个方向茎叶连接强度对比与分析。

茎叶连接力通常有 3 个基本方向,如图 1 所示。沿主脉方向施加拉力 F_1 ,茎叶沿界面产生分离时所需的应力为茎叶连接界面抗拉强度 $\sigma = \frac{F_1}{A}$;平行于茎秆方向沿茎叶连接处处施加纵向剪切力 F_2 ,茎叶沿界面产生分离时所需的应力为纵向剪切强度 $\tau_{\text{纵}} = \frac{F_2}{A}$;同理沿垂直于茎秆方向施加侧向剪切力 F_3 ,

茎叶断裂分离所需的应力为侧向剪切强度 $\tau_{\text{侧}} = \frac{F_3}{A}$ 。



a. 沿主脉方向受拉; b. 沿茎秆方向纵向剪切;
c. 垂直茎秆方向侧向剪切

图 1 烟叶受力示意

1.2.2 未熟烟叶的主脉抗拉强度和茎叶连接抗拉强度对比试验 通过对未熟烟叶的拉伸试验,测定断裂位置在主脉上时的 5 组烟叶主脉拉伸力 F_1' 和断口面积 A' ,结合上述试验测定的断裂位置在茎叶连接处的拉伸力 F_1 和断口面积 A 的试验结果,进行数据计算与处理,得到主脉抗拉强度值和茎叶连接抗拉强度值,进行相同成熟度不同断裂位置的抗拉强度对比与分析。

1.2.3 加载速度大小对成熟烟叶茎叶分离的影响试验 对成熟烟叶施加纵向力 F_2 ,如图 2 所示,力的作用方向保持不变,改变压头的加载速度 v ,取 v 值为 20、50、80、110 mm/min,选取茎叶连接处主脉粗细基本相等的烟叶,测试沿茎叶连接界面断裂所需力 F_2 。研究加载速度对成熟烟叶纵向剪切力 F_2 的影响趋势。

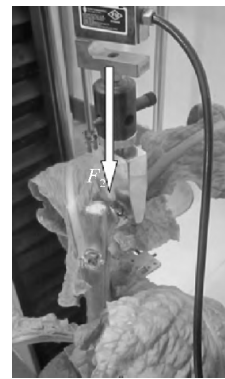


图 2 成熟烟叶施加载荷实物图示

2 结果与分析

2.1 烟叶成熟度对茎叶连接强度的影响

图 3 为不同成熟度烟叶 3 个方向茎叶连接强度值。从图 3 可以看出,未成熟烟叶的茎叶连接界面抗拉强度 σ 为 0.396 MPa,纵向剪切强度 $\tau_{\text{纵}}$ 为

0.439 MPa,侧向剪切强度 $\tau_{侧}$ 为 0.370 MPa;成熟烟叶的茎叶连接 σ 为 0.287 MPa, $\tau_{纵}$ 为 0.285 MPa, $\tau_{侧}$ 为 0.280 MPa。烟叶成熟后 3 个方向连接强度值均较未成熟时下降,3 个方向平均连接强度下降 29%。试验过程中发现,沿 3 个方向施加力,成熟烟叶较未熟烟叶均易沿界面断裂。说明,与未熟期相比,成熟期茎叶连接界面为弱界面连接,同等采收条件下成熟期烟叶所需采收力较小,界面断裂处断口平齐。

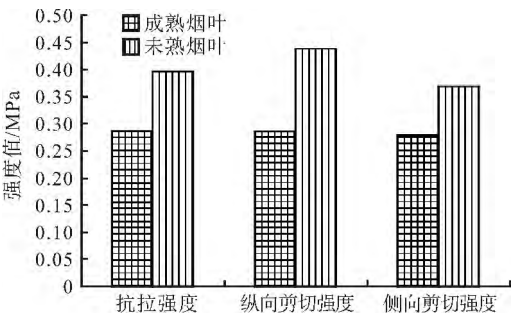


图 3 不同成熟度烟叶的茎叶连接强度

2.2 未成熟烟叶抗拉强度和断裂位置的关系

在对未成熟烟叶的拉伸过程发现,对于同一片叶子沿主脉施加拉伸力,烟叶总是沿主脉中间某个位置断裂,而不易从茎叶连接界面处断裂。只有将拉伸力的作用位置设置在距离连接界面足够近处,烟叶才从界面处断裂分离。表 1 为对未熟烟叶沿主脉方向施加拉伸力时,烟叶沿主脉断裂时的力 F_1' 、断口面积 A' 与主脉抗拉强度的结果。由表 1 可以看出,未熟烟叶沿主脉断裂所需的平均抗拉强度为 0.390 MPa。表 2 为未熟烟叶沿茎叶连接界面拉伸断裂时的力 F_1 、断口面积 A 与界面抗拉强度的结果,平均强度为 0.396 MPa。说明在未成熟期,烟叶茎叶连接界面的拉伸强度比主脉的抗拉强度稍大。由于主脉从烟叶基部到尖部逐渐变细,因此茎叶连接界面处横截面积较大。同等情况下,未熟烟叶若要从茎叶连接界面处分离较从主脉断裂需要较大的力,茎叶界面连接为强界面连接,此时采收易于从主脉断裂。

表 1 未熟烟叶茎叶拉力试验沿主脉断裂结果

| 测定序号 | F_1'/N | 断口面积 A'/mm^2 | 主脉抗拉强度/ MPa |
|------|----------|-------------------|----------------|
| 1 | 77.420 | 203.18 | 0.381 |
| 2 | 80.850 | 206.73 | 0.391 |
| 3 | 65.660 | 167.58 | 0.392 |
| 4 | 56.840 | 145.07 | 0.392 |
| 5 | 80.360 | 204.72 | 0.393 |
| 平均值 | 72.226 | | 0.390 |

表 2 未熟烟叶茎叶拉力试验沿界面断裂结果

| 测定序号 | F_1/N | 断口面积 A/mm^2 | 界面抗拉强度/ MPa |
|------|---------|------------------|----------------|
| 1 | 71.54 | 188.71 | 0.379 |
| 2 | 89.18 | 233.82 | 0.381 |
| 3 | 112.21 | 245.44 | 0.457 |
| 4 | 85.75 | 277.88 | 0.309 |
| 5 | 156.80 | 344.97 | 0.455 |
| 平均值 | 103.096 | | 0.396 |

2.3 力的作用速度对茎叶分离的影响

图 4 为对成熟烟叶施加纵向力 F_2 时,不同加载速度下力与位移的关系曲线。在加载速度为 110 mm/min 时,茎叶沿界面分离过程中伴有严重的茎皮拉扯损伤,由于茎皮拉扯力的存在,测试力一直呈上升趋势,最终通过人为控制试验机停止动作,因此曲线不符合其他速度规律,测试数据废除。图 5 为作用速度与断裂分离力的大小的关系曲线。从图 5 可以看出,随着 v 值的增大,界面断裂分离所需要的力减小,分析认为,当压头的移动速度增大时,在接触点烟叶主脉传递变形的时间减少,因此所需的功耗和力减小。

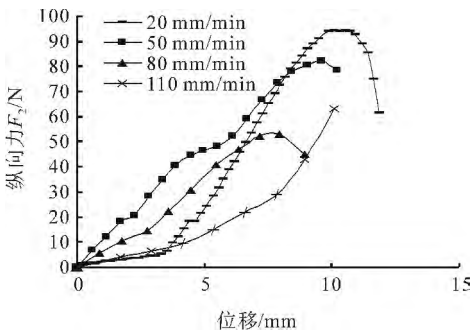


图 4 成熟烟叶纵向力与位移的关系

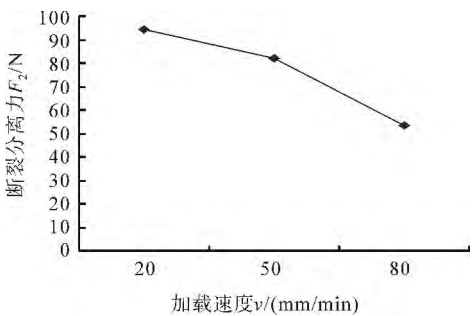


图 5 成熟烟叶加载速度与纵向力的关系

但是,如果加载速度过大,压头易于对烟叶主脉造成机械冲击。从实际采收过程分析,将压头的移动线速度转化为机械采收时采收刀与烟叶接触点的转速,如果采收刀转速过大,采收过程会产生较大的

惯性力,从而形成对主脉的惯性冲击,对烟叶造成机械损伤;同时如果转速过高,采收掉的烟叶将来不及与采收刀分离而随着采收刀翻滚脱离运输轨道,从而造成更大的损伤。从图 5 可以看出,作用速度与断裂分离力的大小无明显的线性关系,有可能呈曲线相关,说明加载速度 v 值应该存在一个合理的范围,在该范围内茎叶分离力将趋向一个稳定值,由于试验机测试条件限制,合理加载速度范围需要在后续的田间试验进行研究。

3 结论

1) 对烟叶的茎叶连接强度试验表明,在未熟期茎叶连接为强界面连接,此时采收烟叶易于从主脉断裂。进入成熟期后茎叶连接界面平均连接强度下降 29%,表现为弱界面连接。此时采收所需采收力较小,烟叶机械损伤小,节省机器功率。

2) 对成熟烟叶的加载速度越大,所需要的茎叶分离力越小,速度与力不呈线性关系。速度太大,易于造成机械损伤,最佳速度范围有待于进一步验证。

参考文献:

- [1] 陈恩明,朱志伟,张晓辉. 我国烟草田间生产机械化现状及发展对策[J]. 农机化研究,2008(10):226-230.
- [2] 郭维俊,黄高宝,王芬娥,等. 小麦根系力学性能及微观结构研究[J]. 农业机械学报,2010,41(1):92-95.
- [3] 袁志华,李英骏,鞠阳. 小麦茎秆力学特性与氮磷钾含量的关系[J]. 应用基础与工程科学学报,2010,18(6):967-973.
- [4] 李伟,吴科斌,陈艳军,等. 玉米秸秆抗根倒伏强度检测方法[J]. 农业机械学报,2012,43(2):66-69.
- [5] 高梦祥,郭康权,杨中平,等. 玉米秸秆的力学特性测试研究[J]. 农业机械学报,2003,34(4):47-49.
- [6] 接鑫,李晓峰,孙亮,等. 种子玉米机械脱粒最佳施力方式试验[J]. 农业机械学报,2009,40(12):71-75.
- [7] 贺俊林. 低损伤玉米摘穗部件表面仿生技术和不分行喂入机构仿真[D]. 长春:吉林大学,2007.
- [8] Jung H J G. Maize stem tissues: Ferulate deposition in developing internode cell walls[J]. Phytochemistry, 2003,63(5):543-549.
- [9] 刘庆庭,区颖刚,卿上乐,等. 甘蔗茎秆切割力试验[J]. 农业工程学报,2007,23(7):90-94.
- [10] 赵春花,韩正晟,师尚礼,等. 新育牧草茎秆收获期力学特性与显微结构[J]. 农业工程学报,2011,27(8):178-183.
- [11] Genet M, Stokes A, Salin F, *et al.* The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots[J]. Plant and Soil, 2005,278:1-9.
- [12] 耿爱军. 智能烟草打顶机械关键技术研究[D]. 泰安:山东农业大学,2011.
- [13] 马敏,张晓辉,宋涛,等. 智能烟草打顶抑芽机控制系统[J]. 农业工程学报,2011,27(2):129-135.
- [14] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [15] Jia Fangfang, Liu Guoshun, Liu Diansan, *et al.* Comparison of different methods for estimating nitrogen concentration in flue-cured tobacco leaves based on hyperspectral reflectance[J]. Field Crops Research, 2013,150(8):108-114.
- [16] Rothe G, Hachiya A, Yamada Y, *et al.* Alkaloids in plants and root cultures of *Atropa belladonna* overexpressing putrescine N-methyltransferase[J]. Journal of Experimental Botany, 2003,54:2065-2070.
- [17] 蒋水萍,张拯研,郑仕方,等. 优化烟叶结构后不同采收成熟度对烤烟品质的影响[J]. 河南农业科学, 2013,42(11):40-45.
- [18] 刘华山,田效园,韩锦峰,等. 烟草对机械伤害的响应[J]. 中国烟草科学,2009,30(3):58-62.