

小麦茎秆截面椭圆化影响因素研究

袁志华, 何予鹏, 李云东, 赵祥雄, 李慧琴

(河南农业大学 机电工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 以郑麦 9023 为材料, 在小麦灌浆期测试第 2 节间去鞘茎秆的弯曲强度, 并对测试数据进行了回归分析; 建立了小麦茎秆模型, 利用力学理论分析了小麦茎秆截面椭圆化的影响因素。理论分析、试验测试结果一致表明, 壁厚与外径比值越大, 弹性模量越大, 小麦茎秆截面越不易椭圆化。因此, 提高茎秆节间的弹性模量, 增大壁厚与外径比值, 可以增强抗倒伏能力, 避免小麦茎秆弯折倒伏。

关键词: 小麦; 茎秆; 倒伏; 弹性模量; 截面

中图分类号: S512 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)07-0031-03

Research on the Influencing Factors of Wheat Stem Section Ovalization

YUAN Zhi-hua, HE Yu-peng, LI Yun-dong, ZHAO Xiang-xiong, LI Hui-qin

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to find the influencing factors of wheat stem ovalization, wheat variety Zhengmai 9023 was selected as material in the experiment. The variables such as elastic modulus and bending strength of second internode were determined during grain filling stage. The relevant relationship between bending strength and elastic modulus and wall thickness was analyzed. A double dynamic model for wheat stem was established. The influencing factors of wheat stem section flattening were analyzed using the dynamic theory and method. The results based on the theoretical analysis and experiment data showed that the stem was more difficult to be flattened when the elastic modulus and the ratio of wall thickness to diameter were bigger. This indicated that improving the elastic modulus of stem inter-node and increasing the ratio of wall thickness to outer diameter could strengthen the lodging-resistance ability of wheat.

Key words: wheat; stem; lodging; elastic modulus; section

小麦是世界性的重要粮食作物, 全世界约有 35%~40% 的人口以小麦为主要粮食。世界各地每年都因倒伏给作物生产带来极大损失。据统计, 小麦孕穗期至扬花期发生倒伏减产 30% 左右; 灌浆期发生倒伏轻者减产 10%~15%, 重者达 20% 以上; 乳熟期倒伏一般减产 10%~15%^[1]。如果按照 20% 的平均值计算, 世界每年因倒伏直接造成的小麦损失为 11 890 万 t。因此, 深入研究小麦倒伏问

题, 寻求降低倒伏的途径具有极为重要的现实意义。

影响小麦茎倒的因素^[2-4]有许多, 但归根结底与小麦茎秆的力学特性有关。试验研究表明, 小麦茎秆的强度和刚度与茎秆的成熟度、形态、结构、成分等有关^[5-11]。经观察, 小麦茎秆弯曲倒伏有 2 种方式: 一是弯曲过程中茎秆截面椭圆化, 二是弯曲过程中茎秆沿纵向开裂。鉴于此, 从试验测试、理论分析 2 个方面分析了茎秆截面椭圆化的影响因素, 以期

收稿日期: 2011-12-01

基金项目: 河南省自然科学基金项目(2009B2016)

作者简介: 袁志华(1966-), 女, 河南驻马店人, 副教授, 博士, 主要从事固体力学的教学与研究工作。E-mail: y2001zh@163.com

为提高小麦植株抗倒能力提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试小麦品种为郑麦 9023, 土壤为砂质壤土, 排灌条件良好。于 2011 年 5 月在河南农业大学试验田进行随机采样。选取有代表性的主茎 15 个, 取茎秆基部第 2 节间, 去掉叶鞘。

1.2 方法

利用微机控制非金属材料万能试验机, 采用 3 点弯曲法对去鞘茎秆做弯曲试验。加载前, 用游标卡尺测茎秆外径以及节间长度; 试验中, 采用非接触式光学应变引伸仪测变形量, 加载速率为 10 mm/min; 当茎秆截面发生明显的椭圆化时, 停止加载。根据荷载挠度曲线, 计算出弯曲强度值、弹性模量值。

2 结果与分析

2.1 小麦茎秆截面椭圆化试验结果

弯曲强度随弹性模量与壁厚/外径的比值之积的变化特点如图 1 所示。横轴表示 Et/D , E 为弹性模量, t 为壁厚, D 为外径, 纵轴表示弯曲强度。以 y 表示弯曲强度, x 表示 Et/D , 即弹性模量与壁厚/外径的比值之积, 回归方程为: $y = 0.05x + 3.18$, $R^2 = 0.75$, $P = 3.27 \times 10^{-5}$ 。这说明弹性模量与壁厚/外径之积越大, 弯曲强度越大, 截面越不易椭圆化, 茎秆越不易倒伏。

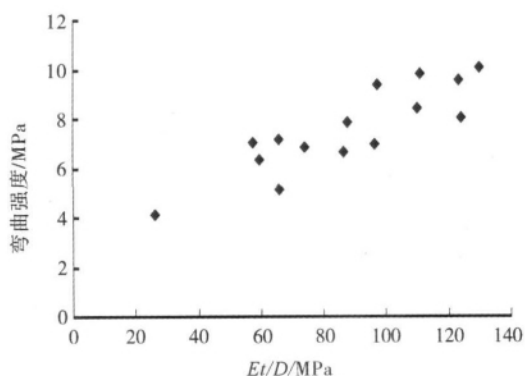


图 1 弯曲强度随弹性模量、壁厚和外径的变化特点

2.2 小麦茎秆截面椭圆化理论分析

小麦茎秆在弯曲荷载作用下, 截面由圆形逐渐变成椭圆形, 最终发生失效。由截面椭圆化引起的失效方式被称为 Brazier 屈曲^[12]。将小麦茎秆横截面简化为双层模型。外半径为 R , 内半径为 r 。外层壁厚为 t_1 , 弹性模量为 E_1 , 内层壁厚为 t_2 , 弹性模量为 E_2 。 ν_1 、 ν_2 分别为外层、内层材料的泊松比。

小麦茎秆双层模型下, Brazier 屈曲时茎秆横截

面上最大正应力为^[13]:

$$\sigma_{\max}^{\text{Brazier}} = \frac{E_1 t_1}{R \sqrt{1-\nu_1^2}} \left[\frac{1+\alpha\beta\gamma^2 \frac{R}{r}}{1+\alpha\beta \frac{r^3}{R^3}} \right]^{1/2} (1-\xi_{\sigma}) \sqrt{\xi_{\sigma}} \quad (1),$$

式中: $\alpha = \frac{E_2}{E_1}$, $\beta = \frac{t_2}{t_1}$, $\gamma = \frac{h_2}{h_1}$, $h_1 = t_1 / \sqrt{1-\nu_1^2}$,

$h_2 = t_2 / \sqrt{1-\nu_2^2}$, ξ_{σ} 是一无量纲的参数。

对于截面的双层模型, 保持茎秆内外层弹性模量、泊松比不变, 茎秆壁厚/外径的比值越大, 截面屈曲最大应力越大。

双层模型与实际情况更接近, 但小麦茎秆壁厚很小, 内层和外层弹性模量不易测试, 现将小麦茎秆横截面简化为单层模型。

单层模型下, Brazier 屈曲时茎秆横截面上最大正应力为:

$$\sigma_{\max}^{\text{Brazier}} = \frac{7\sqrt{2}}{27} \frac{Et}{R \sqrt{1-\nu^2}} = \frac{14\sqrt{2}}{27} \frac{Et}{D \sqrt{1-\nu^2}} \quad (2),$$

式中: E 为茎秆弹性模量, t 为壁厚, R 为外半径, ν 为泊松比。 D 为外径, $D = 2R$ 。

根据(2)式可知, 单层模型, 截面屈曲时最大应力与茎秆弹性模量呈正比, 茎秆弹性模量越大, 截面屈曲时最大应力越大。截面屈曲时最大应力与壁厚/外半径的比值呈正比, 壁厚/外半径的比值越大, 截面屈曲时最大应力越大。将弹性模量和结构综合考虑, Et/D 值越大, 屈曲时横截面上最大应力越大, 截面越不易椭圆化, 茎秆越不易倒伏。理论分析与试验测试结果一致。

3 结论

测试分析结果表明, 弹性模量与壁厚/外径的比值之积越大, 弯曲强度越大。理论分析结果表明, 截面屈曲时最大正应力与茎秆弹性模量成正比, 茎秆弹性模量越大, 截面屈曲时最大正应力越大; 截面屈曲时最大正应力与壁厚/外径的比值成正比, 壁厚/外径的比值越大, 截面屈曲时最大正应力越大; 弹性模量与壁厚/外径的比值之积越大, 屈曲时横截面上最大正应力越大, 截面越不易椭圆化, 茎秆越不易倒伏。

理论分析、试验测试结果一致表明, 小麦茎秆的力学特性与节间的外径、壁厚、弹性模量等因素的大小有关。弹性模量越大, 壁厚与外径的比值越大, 截面越不易椭圆化, 茎秆越不易发生倒伏。提高茎秆节间的弹性模量, 增大壁厚与外径比值, 可以增强抗倒伏能力, 进而避免小麦茎秆弯折倒伏。 (下转第 36 页)

产量最低。

表 5 各参试马铃薯品种产量差异比较

品种	产量/ (kg/hm ²)	增产/ %	显著性	
			0.05	0.01
中薯 6 号	22 292.40	0.03	c	C
诺兰	22 874.40	2.65	b	B
紫罗兰	24 579.30	10.30	a	A
黑美人	22 152.00	-0.59	c	C
中联红	17 590.95	-21.06	e	E
夏 LX-70	18 870.00	-15.32	d	D
紫云 1 号	9 167.70	-58.86	h	H
花云 2 号	11 090.70	-50.23	g	G
云 3458	11 892.90	-46.63	f	F
郑薯 5 号(CK)	22 284.00	—	c	C

3 结论

参加试验的 9 个品种中,中薯 6 号、诺兰、紫罗兰和黑美人 4 个品种生育期均在 100 d 以内,从出苗到成熟 62~67 d,在二季作区能够正常生长。株高介于 37.6~61.6 cm,适宜与多种作物间作套种,茎叶呈褐绿或深绿,匍匐茎短、花少,光合作用强,养分消耗小,利于薯块膨大。薯形呈椭圆或长椭圆,表皮略光滑,芽眼浅,薯块大而整齐,商品率均在 60% 以上,薯肉颜色呈红、白、紫、黑色,光艳而多样性,市场价值高,能满足不同消费人群需要。诺兰、紫罗兰产量极显著高于对照郑薯 5 号,中薯 6 号、黑美人产量与对照无显著差异。黑美人虽然晚熟,但皮肉颜色深、艳,花青素含量高,品质优。综合来看,中薯 6

号、诺兰、紫罗兰、黑美人 4 个品种适合商丘地区种植,其中紫罗兰、诺兰可作为主推品种。其他 5 个品种中联红、夏 LX-70、紫云 1 号、花云 2 号、云 3458 比对照晚熟,在二季作区不能正常生长,并且较对照减产 15.32%~58.86%,不适合在商丘地区种植,但可以作为育种材料保存。

参考文献:

- [1] 程林润,钱秋平,陆国权,等.彩色马铃薯品种比较试验[J].上海农业科技,2011(3):71-72.
- [2] 陈孝赏,邬飞波,刘守坎,等.彩色马铃薯品种比较试验[J].浙江农业科学,2008(4):452-453.
- [3] 杨琼芬,白建明,杨万林.云南省彩色马铃薯产业的发展趋势的方向[J].中国马铃薯,2006,20(4):251-252.
- [4] 宿长亮.高维生素 C 马铃薯——紫罗兰特征特性及栽培技术[J].农村实用科技信息,2011(9):42.
- [5] 戚丹阳,张桂芝,王煦栋,等.紫罗兰马铃薯的品种特性及丰产栽培技术要点[J].中国林副特产,2007(4):71.
- [6] 陈亚伟,李彩霞.豫东二季作区马铃薯品种比较试验[J].河南农业科学,2010(8):116-118.
- [7] 陈普刚.中原地区脱毒马铃薯春早熟高产栽培技术[J].现代农业科技,2010(6):124,126.
- [8] 杨厚祥,连文顷.春马铃薯品种对比试验研究[J].现代农业科技,2010(16):124,126.
- [9] 陈亚伟.中原二季作区秋马铃薯繁种配套技术研究[J].现代农业科技,2010(15):176,182.
- [10] 吴焕章,陈焕丽,郭赵娟.春露地马铃薯品种引种比较试验[J].中国马铃薯,2011,25(6):325-328.

(上接第 32 页) 研究结果为增强小麦茎秆抗倒伏性能,提高小麦产量提供了参考依据。

参考文献:

- [1] 李金才,尹钧,魏凤珍.播种密度对冬小麦茎秆形态特征和抗倒指数的影响[J].作物学报,2005,31(5):662-666.
- [2] 柏翠香.景泰县高产田小麦倒伏调查研究[J].现代农业科技,2011(20):104-105.
- [3] 徐杰.小麦倒伏原因及防止对策[J].现代农业科技,2010(17):104-104.
- [4] 周国勤.信阳稻麦轮作区小麦高产障碍因子及对策研究[J].天津农业科学,2011,17(5):63-65.
- [5] 郭维俊,王芬娥,黄高宝,等.小麦茎秆力学性能与化学组分试验[J].农业机械学报,2009,40(2):110-114.
- [6] 王芬娥,黄高宝,郭维俊,等.小麦茎秆力学性能与微观结构研究[J].农业机械学报,2009,40(5):92-96.

- [7] Dougherty M J, Hubert J A, Dyson A. A Study of the physical and mechanical properties of wheat straw[J]. Journal of Engineering Research, 1995, 62: 133-142.
- [8] Zuber U, Winzeler H, Messmer M, et al. Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat[J]. Agronomy & Crop Science, 1999, 182: 17-24.
- [9] 郭玉明,袁红梅,阴研,等.茎秆作物抗倒伏生物力学评价及关联分析[J].农业工程学报,2007,23(7):14-18.
- [10] 胡婷,焦群英,付志一.小麦茎秆的抗弯性能研究[J].河南农业科学,2007(7):28-30,34.
- [11] 梁莉,郭玉明.不同生长期小麦茎秆力学性质与形态特性的相关性[J].农业工程学报,2008,24(8):131-134.
- [12] 余同希,章亮焱.塑性弯曲理论及其应用[M].北京:科学出版社,1992:392-403.
- [13] 袁志华.不同条件下小麦茎秆变形特性研究[D].北京:中国矿业大学,2011:27-31.